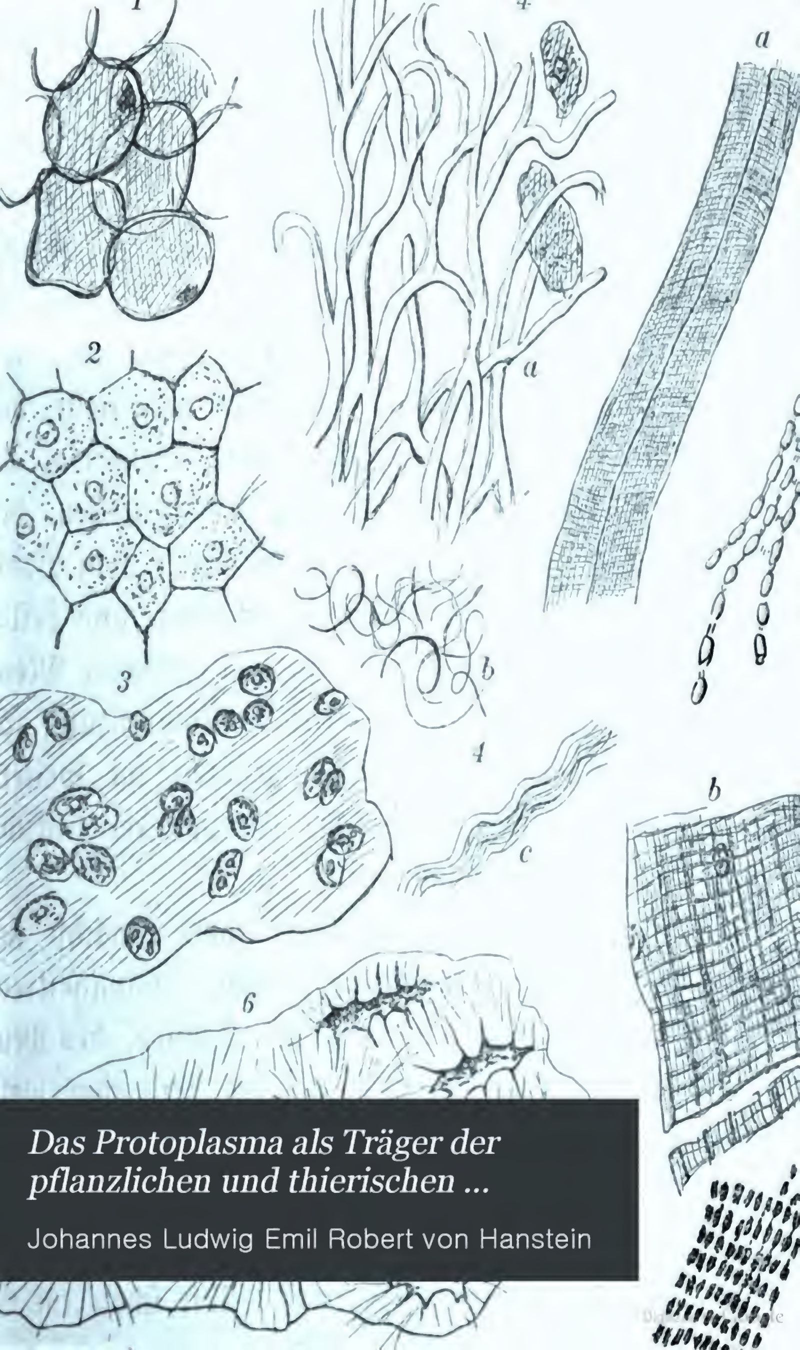


Das Protoplasma als Träger der pflanzlichen und thierischen ...

Johannes Ludwig Emil Robert von Hanstein



Sammlung von Vorträgen.
herausgegeben von
W. Frommel und Friedr. Pfaff.
II. 5/8.

Das Protoplasma

als Träger der pflanzlichen und thierischen Lebensverrichtungen.

Für Laien und Sachgenossen

dargestellt

von

Dr. Johannes v. Hanstein,
o. Professor an der Universität Bonn.

I. u. II. Vortrag: Die organische Zelle. Die Bildung der organischen Gewebe. III. Vortrag: Der Lebensträger.

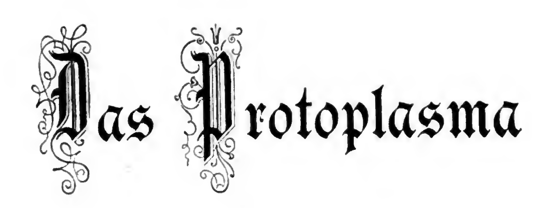
Mit sechs Holzschnitten.



Heidelberg.
Carl Winter's Universitätsbuchhandlung.
1880.

125

5/8.



als Träger der

pflanzlichen und thierischen Lebensverrichtungen.

Für Laien und Sachgenossen

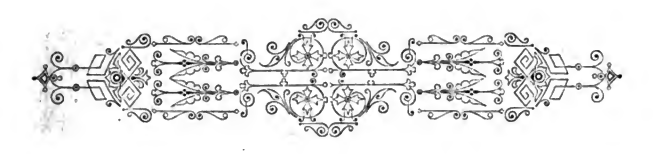
dargestellt

von

Dr. Johannes v. Hanstein,

Professor an der Universität Bonn.

Πάντα χωρεῖ καὶ οὐδὲν μένει.
Heraklit.



I. u. II. Vortrag:

Die organische Zelle. Die Bildung der organischen Gewebe.

1. Eingang.

Das größte Räthsel für alle Lebendigen, die im Stande sind, über sich nachzudenken, ist das Leben selbst, und zwar eben sowohl ihr eignes, welches sie eben zum Denken befähigt, als auch dasjenige ihrer darüber nicht nachdenkenden Lebensgenossen. Die Lösung dieses Räthsels sucht die menschliche Wißbegier schon seit Jahrtausenden, allein bis jetzt vergeblich. Jeder kennt aus Erfahrung an sich und Anderen die Erscheinungen des Lebens in ihren allgemeinen Zügen recht wohl. Selten nur kommen wir in die Verlegenheit, zu zweifeln, ob ein Körper lebe oder todt sei. Die Fülle und Mannigfaltigkeit der lebenden Wesen umher drängt unserer Anschauung unbewußt ihre übereinstimmende Eigenthümlichkeit auf. Die eigene, abgegrenzte Gestalt, die Entwicklung und Umänderung derselben, die Gewinnung der Mittel und Bedingungen zum eigenen Dasein aus der Umgebung, und die Vertheidigung und Behauptung der Einzelwesenheit gegen die Angriffe von außen,

sind die gemeinsamen Züge, die in unserer Vorstellung zum Bild des Lebendigen zusammentreten. Dazu kommt das endliche Erlöschen der einzelnen lebendigen Persönlichkeit und der Ersatz derselben durch Erzeugung ähnlicher Nachkommenschaft. Dazu kommt ferner die Eigenbeweglichkeit, die bei vielen der lebenden Wesen als willkürliche Ortsbewegung auftritt, bei anderen in weniger auffallender Weise sich doch in langsamer Lagenveränderung der Theile am Ganzen zeigt. Jene nennen wir dann, dem allgemeinen Eindruck folgend, Thiere, diese Pflanzen. Beide leben, aber sie haben, wie es scheint, in sehr verschiedener Weise zu leben.

Das Auffallendste in den Erscheinungen der Körper, die wir lebendig nennen, ist ihre Individualität. Die Hauptmenge der nicht belebten Naturkörper bildet gestaltlose, große Massen oder deren kleinere Bruchstücke. Wohl giebt es auch individualisirte Mineralien, wie die Krystalle. Doch entstehen diese immer nur aus gleichartigen Theilen, die sich von außen her zu regelrechter Form aneinandersetzen. Die lebendigen Individuen indessen sind aus verschiedenen Gliedern zusammengefügt und wachsen von innen heraus mittels Substanz, die sie sich von außen her „als Nahrung" aneignen, d. h. zur Verwendung dem eignen Stoff ähnlich machen (assimiliren). Sie bedienen sich eine Zeit lang dieser von außen aufgenommenen Substanz und entlassen sie dann, gleichsam abgenutzt, wieder aus dem Gebiet ihrer Körperlichkeit. Sie bilden sich allmählich aus und wechseln ihre Form je nach Bedürfniß. Die Glieder, die sie sich selbst ausgestalten, sind zugleich die Werkzeuge oder Organe aller dieser Verrichtungen, deßhalb heißen die lebendigen Körper auch Organismen. Krystalle haben keine Organe, keine innere Ernährung und keine freie Formwandlung.

Selbst eine nur äußerliche und oberflächliche Betrachtung läßt schon den Unkundigen begreifen, wie mannigfach und zu-

sammengesetzt die Thätigkeit ist, durch welche ein lebendiges Wesen seinen Körper ausbildet, erhält und vervielfältigt. Die Erscheinungen, die wir Ernährung, Wachsthum, Bewegung, Fortpflanzung nennen, erheischen ein System von Arbeiten, die in langer und künstlicher Folge einander ablösend oder zusammenstimmend vollzogen werden müssen, und zwar ununterbrochen während der ganzen Lebensdauer. Eine Lücke darin, ein Mißlingen oder gar ein Mangel an Betriebsmitteln, kann den Haushalt des Einzelwesens in Unordnung bringen, seine ganze Existenz vernichten.

Alle diese Leistungen, die im Organismus zu Stande kommen, sind theils feinere, welche die kleinsten Stofftheilchen unter sich abmachen, d. h. chemische, theils gröbere, in die Augen fallende, mechanische. Besonders bei den Bewegungen thierischer Körper fallen die letzteren auf. Die der Pflanzen scheinen bei oberflächlicher Betrachtung vorwiegend chemischer Art zu sein. Bei jenen ist das stützende Knochengerüst mit seinem Hebelwerk nebst der Arbeit der Muskeln und Sehnen leicht zu durchschauen und daher fast Jedermann geläufig. Der Chemismus der Gewächse will in seinem Verlauf mehr im Verborgenen gesucht werden. Im Ganzen stehen diese scheinbar bewegungslos still an ihrem Standort. Allein genau betrachtet, fehlt weder dem Thier-Organismus die feinere chemische Thätigkeit, noch dem der Pflanze die starke mechanische Kraftäußerung. Muß nicht das Rind die groben Pflanzentheile, die es frißt, einer langwierigen chemischen Analyse in seinem zusammengesetzten Magenlaboratorium unterwerfen, bevor daraus Blut, Fleisch und Bein von seiner Eigenthümlichkeit werden kann? Und hebt nicht andrerseits der Baum die gewichtige Krone Hunderte von Fußen hoch, und hält die schweren Aeste seitwärts weithin ausgereckt?

Gleichwohl treten in der Lebensthätigkeit der Pflanzen die stofflichen Bewegungs- und Verwerthungs-Arbeiten mehr

in den Vordergrund, als in der der Thiere. Denn jene bedürfen in der That einer noch bedeutenderen Leistung auf chemischem Gebiet als diese, um ihr tägliches Brot zu erwerben. Sie gewinnen es dem leblosen Boden ab, wozu sie eine viel größere chemische Wandlung auszuführen haben. Die Thiere dagegen nehmen nur Nahrung ein, welche schon von einem anderen Organismus chemisch zurecht und auch ihnen mundrecht gemacht ist, nur Stoffe, die schon gelebt haben, und führen damit eine einfachere chemische Leistung aus, sind aber dafür um so freier in der Handtierung mit ihren Gliedern und in ihrer Ortsbewegung.

Aber aus so einfachen Stoffverbindungen, wie sie die Pflanzen in Form von Wasser, Kohlensäure und einigen mineralischen Salzen als Nahrung aufnehmen, die künstlichen Stärke- und Eiweißsubstanzen (Amyloide und Albuminate) zu fabriciren, wie solche denselben nöthig sind, ist eben eine schwierigere chemische Aufgabe. Dabei führen ja dann die Pflanzen allerdings keine sehr in die Augen fallenden Bewegungen aus, da sie eben ihrer Beute nicht, wie die meisten Thiere, nachzulaufen brauchen, sondern das, dessen sie bedürfen, auf ihrem Standorte vorfinden. Wohl aber müssen sie im Stillen und Unsichtbaren Bestandtheil für Bestandtheil aufsuchen, einschlucken, in sich fortleiten, in neue Atomgruppen fügen, wieder fortbewegen und endlich an irgend einer Stelle in ihrem Körperbau zu dessen Fortbildung einpassen. Sie müssen dabei im Ganzen genommen doch gewaltige Lasten dem Boden entnehmen und, wie schon gesagt, hoch in die Höhe heben. Und somit erhellt schon hieraus genugsam, daß beiderlei organische Wesen auch beiderlei Arbeit leisten, sowohl chemische als mechanische. Welcher Art aber die Bewegung sei, ob sie als chemische sich nur im allerkleinsten Raume als wechselnde Anziehung jener allerkleinsten Stofftheilchen oder Atome und als dadurch veranlaßte Umordnung ihrer kleinen Genossen-

schaften äußere, oder ob sie die ganze Masse des Leibes eines großen Thiers oder seiner Füße oder Greifwerkzeuge mechanisch in Bewegung und Wirksamkeit setze, es kommt doch Alles zunächst auf die feinsten atomistischen Wirkungen, auf Verschiebungen der letzten Körpertheilchen im engsten Raum, und auf Kräfteeinwirkungen hinaus, die vom Atom aus ihren Ursprung und am Atom ihren Angriffspunkt nehmen. Es ist eine wichtige von vorn herein in's Auge zu fassende Thatsache, daß alle Bewegung des Stoffes, gleichviel wie schwerer Massen, nur zu Stande kommt, indem ein Atom das andere zu sich heranzieht, mit sich fortreißt, vor sich herstößt. Nicht bloß der Tropfen, den die Pflanzenwurzel einsaugt, wird durch eine Arbeit gewonnen, welche die Molekeln [1]) der Wurzelsubstanz mit denen des Wassers zusammen leisten. Nicht allein das Lufttheilchen, welches von der Oberhaut der Pflanzenblätter oder von der athmenden Oberfläche thierischer Lungenzellen absorbirt wird, unterliegt molekularer Anziehungskraft. Auch der Knochen, der seine eigenen und andere Lasten im Thierkörper, der Holzstamm, der die Laubkrone des Pflanzenkörpers zu tragen hat, verdankt die Fähigkeit dazu der zwischen seinen Massentheilchen waltenden Haltekraft (Cohäsion). Der Muskel, der die Knochen in Bewegung setzt, um einen schnellen und gewaltigen Streich zu führen, wirkt, indem er dicker und kürzer wird, durch Formänderung der einzelnen Fleischfasern. Diese aber geschieht nur durch Verschiebung ihrer Molekeln gegeneinander. In der Fruchtkapsel, welche mit jäh eintretender Schnellkraftwirkung explodirt, und den

[1]) Wir nennen jetzt gern die als untheilbar gedachten letzten Massentheilchen eines chemischen Grundstoffs oder Elementes, einzeln gedacht, Atome. Dagegen heißen die zum einfachsten Theilchen einer chemisch zusammengesetzten Substanz gruppenweise unter sich vereinigten und durch die chemische Anziehungskraft oder Affinität zusammengehaltenen Atomengesellschaften jetzt zum Unterschiede Molekeln.

Samen weithin ausschleudert, waren die kleinsten Zusammensetzungstheilchen durch ungleiche Anziehung in verschiedener Richtung untereinander in zu unversöhnliche Spannung versetzt, um noch verbunden bleiben zu können. Die vielen Centner Saft, welche den Baum nähren, werden von den kleinsten Holztheilen nur atomweise, wie von Hand zu Hand, ganz allmählich in die Höhe gereicht.

Alle Arbeit also, grobe und feine, wird, wie gesagt, im Organismus geleistet durch die kleinen Bewegungen, welche durch ihre bald so, bald so in Wirksamkeit tretenden Anziehungskräfte Molekeln und Atome mit und zwischen sich ausüben.

Stellen wir nun damit diesen allerkleinsten Stofftheilchen, deren Größe sehr weit jenseit der Wirkungsfähigkeit unserer heutigen Vergrößerungsgläser oder Zerkleinerungs-Geräthe liegt, etwa eine zu große Aufgabe, die ihre Kräfte überstiege? Darüber uns zu belehren, genügt ein Blick auf entsprechende Leistungen derselben, die aller Orten in der unbelebten Umgebung in die Augen fallen. Jedermann weiß, mit welcher Unwiderstehlichkeit der Umfang eines Körpers durch Erwärmung wächst, und durch Abkühlung vermindert wird. Eine Eisenstange, in der Glühhitze zwischen zwei noch so schwere Lasten ausgespannt, zwängt dieselben bei der Erkaltung unerbittlich zusammen. Das Wasser nimmt beim Gefrieren einen größeren Umfang an, als es solchen im flüssigen Zustand hat. In ihren Klüften zu Eis erstarrend, zersprengt es ganze Felsmassen. Dies vollzieht sich lediglich durch Annäherung und Entfernung der kleinsten Theile dieser Körper mittels der zwischen ihnen wirkenden, ziehenden und abstoßenden Kräfte, der Cohäsion z. B. und der Wärmekraft. Wenn das Wasser zum Kochen gebracht als Dampf plötzlich einen vielmal größeren Raum einnimmt, und wenn es diesen nicht findet, jedweden Widerstand überwindet, schwere Kessel, Schiffe, Häuser in Trümmer wirft, so ist es das Auseinanderstreben der

Molekeln, das allein diese Gewalt ausübt. Damit haben wir uns recht gewaltige Ergebnisse der Molekular-Arbeit in's Gedächtniß gerufen.

So läßt sich denn auch zeigen, daß die Muskelkraft, der Reiz, der den Nerv durchfährt, das Einsaugen des Saftes durch die Wurzel, das Verarbeiten desselben im Laube, ja das Wachsen und Umformen der großen und kleinen Organe selbst und der Gewebe, die sie zusammensetzen, herzuleiten sind aus solcher Arbeitsleistung theils zwischen, theils innerhalb der Stoffmolekeln. Heischt also jede Verrichtung im Organismus, sei sie uns wahrnehmbar oder nicht, eine Bewegung, welche als mechanische Arbeit den feinsten Stofftheilchen zufällt, scheinen solche Bewegungen sogar die letzten faßbaren Ursachen aller charakteristischen Veränderungen, welche die Thätigkeit der Organismen ausmachen, so sind wir eben mit dieser Erörterung dem Verständniß ihrer wichtigsten Eigenthümlichkeit einen Schritt näher gerückt. Und von dieser Grunderkenntniß aus hat wesentlich die neuere Wissenschaft versuchen können, alle Veränderungen und Bewegungen innerhalb der Organismen aus den Gesetzen zu erklären, nach denen die Kraftäußerungen zwischen den Atomen aller Körper in der ganzen anorganischen Natur vor sich gehen, und es ist Vieles zu erklären gelungen. Wie Vieles, wird zu erörtern sein.

Wie alle jene großen Wirkungen im Einzelnen aus den kleinen Ursachen zu Stande kommen, woher die Kraft dazu quille, und wo sie ihre Angriffspunkte wähle, das erfordert eben nun genauer eingehende Beleuchtung. Wo aber diejenigen Kräfte ihren Ursprung haben, die alle Lebensarbeit, die subtilere, die mit unsichtbaren Atomen handtiert, wie die gröbere, welche Centner versetzt, die plötzliche und die allmähliche, ausschließlich zu leisten im Stande sind, da werden wir den Ursitz des Lebens selbst zu suchen haben und zunächst zuschauen müssen, wie viel dort davon vielleicht zu finden sei.

2. Die organische Zelle.

Wer eine Dampfmaschine in ihrer Wirksamkeit verstehen will, hat nicht genug, wenn er die erhitzende Wirkung der brennenden Kohlen und die stoßende Kraft des sich ausdehnenden Wasserdampfes aufspürt. Er muß in's Einzelne hinein ermitteln, wie die Kessel und Röhren aneinandergefügt sind, wie die Schrauben und Nieten halten, wie das Trieb- und Hebelwerk arbeitet und die Räder bewegt werden. Er muß aus dem Bau die Verrichtung und aus der Arbeitsleistung das Bedürfniß, Alles so zu fügen, verstehen können. Er muß einsehen können, wie überall die Kräfte zu richtiger Wirkung gelenkt werden.

Aehnliche Untersuchungen werden in den viel zusammengesetzteren Maschinerieen, welche die lebendigen Körper vorstellen, nöthig sein, auch ihre Einrichtungen und deren Wirkungen wenigstens annähernd in ähnlicher Weise zu verstehen. Es genügt hier erst recht nicht, die Hebelarbeiten des Bewegungsapparates und die Saug- und Druckpumpen des Säfte- und Luftumtriebes in Thieren oder Pflanzen im Allgemeinen zu begreifen. Man muß vielmehr streben, wie soeben im Allgemeinen als ausführbar angedeutet ist, die gröberen Actionen alle im Einzelnen als Molekularleistung zu verstehen. Man muß auch hier jede Druck-, Zug-, Hebe- und Triebkraft bis in die allerletzte Quelle und allerfeinste Wirksamkeit zurückverfolgen.

Diese Dinge alle aber erreicht kein menschliches Auge und kein anatomisches Messer ohne Weiteres. Sie müssen mit dem Mikroskop gesucht und schließlich nach den Gesetzen der Physik und Chemie in allen ihren Thätigkeiten auf's Strengste zur Rechenschaft gezogen werden.

Der Muskel setzt sich aus Faserbündeln, diese sich aus Einzelfasern zusammen. Knochen, Sehnen, Bänder, Häute

u. s. w., alle Theile des Thierkörpers bestehen aus theils faserartigen, theils kurz rundlichen, körnchen- oder bläschenförmigen oder sonst ähnlichen Theilen, die alle, so verschieden sie aussehen, heutzutage von der vergleichenden Anatomie auf eine einzige Ur- oder Grundform zurückgeführt werden können. Aus einzelnen oder aus Gesellschaften solcher Urtheilchen entwickelt sich und setzt sich jedes Organ zusammen. Viel leichter aber als in der künstlicheren Architectur des thierischen Körpers verräth sich diese Thatsache in dem leichter durchsichtigen Gefüge des Pflanzenleibes. Bald erkennt man hier, daß alle Organe desselben, seien sie hart oder weich, faserig holzig oder saftig fleischig, so oder so gestaltet, stets aus denselben kleinen, dem Mikroskop überall findbaren Körpertheilchen bestehen. Dieselben sind übereinstimmend genug gebildet, um überall als gleichwerthig geschätzt, und als letzte Bausteine oder Formelemente des organischen Baues angesehen werden zu können. Einer gewissen Physiognomie nach, die sie im Pflanzenkörper meist an sich tragen, hat man ihnen den Namen „Zellen" gegeben. Trotz mancher schwerer Bedenken gegen die Berechtigung dieser Benennung ist dieselbe zu allgemein eingebürgert, als daß man füglich noch versuchen könnte, sie abzuschaffen und durch eine passendere zu ersetzen.

Der Engländer Rob. Hooke war es, der in der Mitte des an großen naturforscherischen Thaten so reichen 17. Jahrhunderts zuerst mit dem damals erfundenen Mikroskop den zelligen Bau des Pflanzenleibes entdeckte. Marcello Malpighi und Nehemia Grew stellten darauf in ihren für allezeit berühmten Arbeiten über Pflanzen-Anatomie, die von der Royal Society in London gekrönt wurden, fest, daß es Zellen seien, welche die Hauptmasse des Pflanzenkörpers darstellten. Zweihundertjährige Arbeit hat nun gelehrt, daß auch alle die feineren Theile, die nicht wie Zellen aussehen, dennoch aus solchen hervorgehen.

Nach vielen und vortrefflichen Untersuchungen, die solche Kenntniß anbahnten und mehrten, war es Hugo v. Mohl vorbehalten, in den zwanziger und dreißiger Jahren unseres Jahrhunderts den elementaren Bau der Pflanzenzelle in seiner einfachen Künstlichkeit in ein helleres Licht zu setzen. Damit legte er zu unserer heutigen Kenntniß desselben nicht allein das erste sichere Fundament, sondern stellte sie in allen wesentlichen Zügen klar. Bald darauf gelang es Theodor Schwann, den großen Nachweis zu führen, daß nicht der Pflanzenkörper allein, sondern ebenso der der Thiere aus Zellen und nur aus Zellen, d. h. aus lauter unter sich gleichwerthigen kleinen architectonischen Formelementen in allen seinen Theilen aufgebaut und ausgestaltet sei. Andere zahlreiche Forscher haben seitdem in feinstem Eindringen in alle Stadien der beiderseitigen Entwicklungsgeschichte nicht nur diese Lehre der Uebereinstimmung nach allen Richtungen durchaus bestätigt, sondern das Einzelleben der Zellen auch so in's Licht gestellt, daß man nun einzusehen vermag, wie diese es sind, die die organische Welt erbauen.

Um die Natur dieser räthselvollen kleinen Elementargeschöpfe, Zellen genannt, am sichersten zu studiren, wendet man sich zunächst am besten zur mikroskopischen Durchforschung des Pflanzenkörpers. Wie zur Errichtung eines Hauses die Ziegelsteine, größere Werkstücke, Balken, Bretter, Klammern und Bänder aller Art und Form zwischen, über und neben einander geordnet den Gesammtbau ausmachen, so fügt sich das Pflanzengebäude aus Zellen von jederlei Gestalt und Bildung, kurzen und langen, runden und kantigen, festen und schmiegsamen ebenso regelrecht und nach architectonischem Gesetz ordnungsgemäß zusammen.

Die weiteren und im Verhältniß kürzeren dieser Zellindividuen sind es nun, welche ihres Ansehens halber die Benennung Zellen veranlaßt haben und dieselbe, — man kann

es nicht in Abrede stellen, — auch noch heute gewissermaßen plausibel erscheinen lassen. Wir sehen, zumal bei schwächerer mikroskopischer Vergrößerung, eine Menge kleiner, in sich abgeschlossener Kämmerchen, von haltbaren Wänden umgeben, wie die „Zellen" im Bienenstock neben einander liegend das ganze Innere eines Pflanzentheiles anfüllen. Genauere Beobachtung lehrt indessen leicht einen sehr erheblichen Unterschied zwischen den Wachskammern der Bienen und den Zellen des Pflanzenkörpers kennen. Jene sind, ebenso wie die Zimmer im Hause, wie die Blasen im Bierschaum oder im Käse, nur durch einfache Wände von einander gesondert, welche stets je zwei benachbarten Zellenräumen gemeinschaftlich angehören. Man kann sie sich als Höhlungen in einer einheitlichen Grundmasse vorstellen. Nicht so die Pflanzenzellen. Vielmehr hat von diesen jede ihre eigene, besondere Wand, jede ist für sich eine von selbständiger Umhüllung eingeschlossene Individualität, jede von allen ihren Nachbarn, mag sie noch so innig zwischen sie gedrängt liegen, völlig gesondert. Ja, man kann durch gewisse chemische Reagentien die Zellen von einander lösen und sie einzeln zur Anschauung bringen. Dabei überzeugt man sich dann am besten, daß dieselben der Regel nach eine ringsum gänzlich abgeschlossene Wandung besitzen, die jeder von ihnen allein eigen ist.

Viele Zellen im Pflanzenkörper, zumal solche, die den älteren zum Theil nicht mehr vegetirenden Theilen desselben angehören, sind inhaltsleere Räumchen, oder scheinen es doch bei oberflächlicherer Betrachtung zu sein. Die sehen dann in der That wie wirkliche Zellen oder Kammern aus. Andere zeigen zwar allerlei Inhalt, allein derselbe verräth nicht ohne Weiteres einen besonderen organischen Zusammenhang noch eine eigene Individualisirung für sich. Die wenigsten lassen ohne Weiteres in ihrem Raume ein selbständigeres Wesen von eigenartiger Bildung erkennen, das denselben mehr oder weniger er-

füllt, oder auch eine besondere Rolle in ihnen spielt. Die Zellumhüllung birgt dann in ihrem Raum einen zarten, verschieden geformten oder selbst gegliederten Körper, der von etwa gallertähnlicher Consistenz sich als Besitzer und Bewohner des Zellinneren erweist. Genauere Durchforschung lehrt, daß keine Zelle des Pflanzenleibes, die noch an den chemischen Thätigkeiten in seinem Innern selbständigen Antheil nimmt, ohne einen solchen Bewohner ist, und die Beobachtungen, die seit Mohl von so viel mit den besten Mikroskopen bewaffneten Augen gemacht sind, haben je länger je mehr in's Licht gestellt, daß diese eigenartigen, feingefügten Inwohner der Zellkammern nicht allein der weitaus wichtigste Theil der Zellen überhaupt sind, sondern daß sie allein es sogar sind, welche sich die Umwandung der Zelle, die sie bewohnen, selber erbaut oder so zu sagen als Gewand auf den Leib gepaßt und zu beliebig festem Gehäuse ausgestaltet haben. Wir wissen endlich, daß die Zellwand sich zum besagten Bewohner nicht anders verhält, als die Muschel oder das Schneckenhaus zu dem Thier, welches sich dieselben aus seiner Haut ausgesondert hat und sie nun bewohnt. Nicht die Zellwand ist die Hauptsache, sondern der zarte Körper, den sie meist anscheinend nur als Inhalt enthält. Nicht die Wandung ist der eigentliche Körper, der Leib der Zelle, und jenes andere Ding nur seine später erzeugte Stofferfüllung, oder allenfalls sein Eingeweide, sondern der zarte, gallertähnliche Binnenkörper ist der eigentliche individuelle Zellenleib, und die ihn einschließende Wand nur sein von ihm selbst verfertigtes Kleid.

Deshalb hat schon Hugo v. Mohl, dem wir, wie gesagt, die Feststellung dieses Verhältnisses verdanken, dem zarten Zellenleib den Namen „Protoplasma" gegeben, im Hinweis darauf, daß dieser Körper gleichzeitig sowohl das „Vorbild" (Modell) als der Selbstbildner der Zellgestalt im Aeußeren sei, und selbst den Bildstoff (Plasma) dazu aus sich selber hergebe.

Nachdem wir so Denjenigen, die solchen feineren Betrachtungen der Architectur und der Entwicklungsweise der Pflanzenkörper ferner stehen, die Sache, um die es sich hier handelt, näher gestellt und klarer gelegt zu haben glauben, seien nun diese wunderlichen Wesen, diese feinen, lebendigen Zellenleiber, welche in jedem Pflanzenstock von einiger Größe zu ungezählten Tausenden und Hunderttausenden ihre Kräfte in vielfach geheimnißvoller Weise wirken lassen, etwas schärfer in's Auge gefaßt. Um aber auch hierbei Jedem verständlich zu bleiben, wollen die Kundigeren gestatten, daß zu Gunsten der Anderen auch ferner an jedem betreffenden Orte das Nöthigste aus unserer anatomischen Kenntniß des Pflanzen- oder Thierkörpers erläuternd hereingezogen werde.

3. Bau der lebendigen Zelle.

Nicht also Lücken oder Kämmerlein in gleichartiger Muttersubstanz sind die Pflanzenzellen, sondern sie sind zwar zarte, aber doch selbständig gebildete und gestaltete Körperchen, die, mit allerlei Kräften ausgerüstet, jede ein gesondertes Einzelleben führen und sich der Regel nach zur bequemeren Ausübung ihrer Verrichtungen mit einer rings geschlossenen, vergleichsweis festen und derben Hülle umgeben. Das Einzelwesen, das wir Protoplasma nennen, ist das wahre morphologische Element des Gesammtorganismus, so zu sagen sein Lebens-„Atom" erster Instanz, welches die Zellwand wohl als nützliches Schutzmittel umfriedigt, aber keineswegs wesentlich ausmacht, noch auch mit Nothwendigkeit bekleidet. So weit waren wir in der einleitenden Erörterung gekommen.

Eine der gewöhnlicheren Zellen nun, d. h. eine Zelle, deren gesammte Bildung auf mittlerer Stufe der Entwicklung steht und eine normale Durchschnittsgliederung zeigt, würde einen Bau erkennen lassen, den wir nun noch einmal etwas eingehender skizziren und in seiner Individualität darstellen

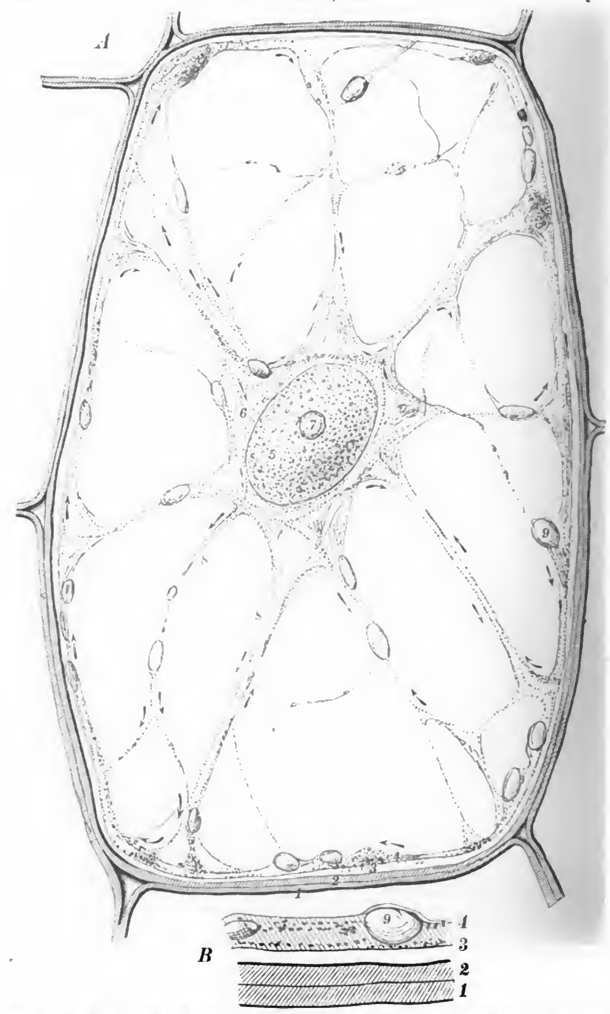


Fig. 1. A Eine noch im Wachsen begriffene Zelle aus parenchymatischem Gewebe mit Zellstoffwand (2), Primordialschlauch (3–4), Kern (5), Kerntasche (6), Kernkörperchen (7) und Protoplasmabändern (8). Ueber 1000mal vergrößert. Die Richtung der Körnchenströme ist durch Pfeile angegeben. — B Ein Stück aus den Wandungen noch stärker vergrößert; Wände der Nachbarzellen: 1; eigene Zellwand: 2; äußere und innere Hautschicht des Primordialschlauchs: 3 u. 4; Chlorophyllkörper: 9.

wollen, indem wir dabei zunächst an eine sogenannte Parenchym-zelle denken, wie dergleichen in fast allen Theilen fast aller Pflanzen in großer Zahl anzutreffen sind, und eine der gewöhnlichsten und hauptsächlichsten Formen der Zellen ausmachen. Wir treffen in dieser, wenn sie fast oder ganz erwachsen ist, die wichtigsten Theile aller in ebenmäßiger sowohl wie in besonders ausdrucksvoller Gestaltung an.

Immerhin ist es gerade auch bei solchen Zellen die Umwandung, die uns zunächst in die Augen fällt. Dieselbe, klar und durchsichtig wie Glas, farblos und von anscheinend gleichmäßigem Gefüge, schließt einen inneren Hohlraum rings von seiner Umgebung ab. Von mancherlei Form, ist die Wand bei leidlicher Festigkeit doch geschmeidig, biegsam, gegen Druck nachgiebig. Von mannigfaltiger Gestalt in den verschiedenen Richtungen ungleich ausgedehnt, nähern sich die hier zunächst in's Auge gefaßten Zellen fast alle doch der Kugel- oder Eiform oder bilden kurze, unregelmäßige, prismenähnliche Körper. Mathematisch regelmäßige Formen, vollkommene Ebenen, genau gradlinige Kanten oder Kreisbogen und Kugelflächen von geometrischer Schärfe kommen in den Zellgeweben der Pflanze wie dem der Thiere, also in der ganzen organischen Natur nirgends vor. Solche würden sich weder mit der erforderlichen Schmiegsamkeit, noch mit dem in allen Gewebtheilen nothwendiger Weise stets wechselnden Wassergehalt vertragen. Demzufolge ist dann eine andere Haupteigenschaft der Wandung, sowohl bei dieser einfachen, als bei jeder übrigen Zellform, daß sie gegen Wasser und vielerlei darin gelöste Stoffe vollkommen durchgängig ist, und auch selbst in ihr Inneres verschiedene Mengen von Wasser aufnehmen kann. Die Substanz der Zellwand läßt in deren jugendlichem, noch einfacherem Zustand die überall gleiche chemische Zusammensetzung aus sechs Atomen Kohlenstoff, zehn Wasserstoff und fünf Sauerstoff ($C_6H_{10}O_5$) erkennen und wird in dieser Form „Zellstoff"

oder „Cellulose" genannt. Diese Eigenthümlichkeit der Zellwand bietet also dem Zellenleib die Möglichkeit, trotz des festen Abschlusses ringsum, seinen Bedarf an nährender Flüssigkeit jeder Zeit aus der Umgebung einnehmen zu können. Gleichzeitig bleibt er dadurch mit seinen Nachbarn in stets offenem Verkehr und Stoffaustausch.

Auch im inneren Raume der Zelle ist in dem hier in Betracht gezogenen Zustand der Zellenleib, das Protoplasma, noch nicht ohne Weiteres der am meisten in die Augen fallende Gegenstand. Vielmehr ist der größte Theil dieses Raumes mit Wasser erfüllt, in welchem allerlei Stoffe theils in Lösung, theils in Form fester oder schleimiger Körper enthalten sind. Besonders solche feste Körper sind es, welche die Aufmerksamkeit des Beobachters zunächst zu fesseln pflegen. Farblos durchsichtige Stärkekörner, Krystalle, Farbstoffkörperchen und besonders häufig die grünen Chlorophyllkörper, welche die dem Pflanzenleibe charakteristische Färbung tragen, treten im Zellinnern als gewöhnliche Vorkommnisse auf. Dazu treten nicht selten Tropfen fetten Oeles oder verschiedene gallertähnliche organische Substanzen. Durch ihre Farbe, ihr dichteres Gefüge und ihre festeren Umgrenzungen, auch wohl durch stärkeres Lichtbrechungsvermögen, das sie sichtbarer macht, ziehen diese die Aufmerksamkeit des Beobachters auf sich und von dem wichtigeren Bewohner der Zelle ab. Dieser läßt sich jedoch endlich in Gestalt einer überaus zarten, dem Anscheine nach gallertartigen Substanz erkennen, welche theils rings der Zellwand dicht und innig angelagert ist, theils in mannigfacher Gestalt ihren inneren Raum zwischen den genannten Inhaltskörpern durchzieht. Die der Zellwand unmittelbar angeschmiegte Schicht derselben bildet eine ebenso geschlossene Hülle um das Zellinnere, wie es die Zellstoffwand thut, nur daß diese ein vergleichsweis festes Gehäuse ausmacht, welches eine bestimmte Gestalt bewahrt, während jene ein überaus feines, zartes und

schmiegsames Säckchen darstellt, welches das Festhalten seiner Form eben nur der Cellulose-Schale verdankt, an die es sich anlehnt, und welche es sich zu diesem Zweck selbst fabricirt hat. Dieser Protoplasmaschlauch erscheint wegen seiner geringen lichtbrechenden Kraft durchsichtiger als die Zellwand, und dabei stets, so lange er lebendig ist, ausnahmslos ungefärbt [1]). Derselbe ist deßhalb oft recht schwer neben der derben Zellwand, die unter dem Mikroskop mit scharfen Umrißlinien gezeichnet erscheint, wahrzunehmen. Es bedarf dazu recht scharfer optischer Hülfsmittel. Dennoch fehlt er nach unserer heutigen Erfahrung keiner Zelle, welche durch ihr Verhalten noch irgend ein Zeichen chemisch-vitaler Arbeitsleistung verräth. Dieser Schlauch gerade ist der beständigste Theil des Protoplasmaleibes, welcher selbst da, wo die anderen Theile desselben nicht mehr erkennbar sind, noch nachgewiesen werden kann. Und dieses Organ war es, in welchem H. v. Mohl, wie schon gesagt, den vorzugsweise gestaltsamen und dabei am frühesten selbst geformten Theil der Pflanzenzelle erkannt hat. Er bezeichnete dasselbe sehr passend mit der Benennung „Primordialschlauch", welchen Namen derselbe bis heute führt.

Nächst dem Primordialschlauch, welcher den ganzen äußeren Umfang des lebendigen Zellenleibes ausmacht und, wie wir sehen werden, seine Thätigkeit nach außen ausübt, ist es dann ein anderer Theil desselben, der irgendwo im Inneren liegend als charakteristisches Glied des Protoplasmakörpers auftritt. Eine größere, meist abgerundete, zusammenhängende Masse gleicher oder ähnlicher Substanz, wie sie diesen Körper zu-

[1]) In den Abbildungen und Beschreibungen der Lehrbücher und anderer, selbst nicht schlechter Schriften erscheint das Protoplasma oft als dichter, ziemlich massiver, scharf umschriebener, nicht selten sogar gelblich gefärbter Körper. Die Urheber solcher Darstellungen haben dann nur abgestorbene Zellenleiber vor Augen gehabt.

sammensetzt, pflegt dem Primordialschlauch hier oder dort innig angehängt zu sein, oder im Zellraum zu schweben, und wird ihrer Form wegen als „Zellkern" bezeichnet. Fast ebenso allgemein in den lebendigen Zellen verbreitet wie der Primordialschlauch, — es sind im Ganzen nicht mehr sehr zahlreiche Fälle, in denen man denselben noch nicht gefunden hat, — wird er ebenso als besonders wichtiges Protoplasma-Organ angesprochen, ob es gleich zur Zeit unmöglich ist, seine ganze Bedeutung und Wirksamkeit schon genügend klar zu legen. Ein feines inneres Gefüge, das, wie später noch zu schildern sein wird, manch seltsamem Wechsel unterliegt, läßt noch gewichtiger auf allerlei feine Verrichtungen dieses räthselvollen Körpers schließen.

Endlich pflegen in sehr vielen Zuständen der in Rede stehenden einfach gebildeten Zellen noch andere innere Glieder des Protoplasma-Organismus zur Erscheinung zu kommen, die wie Vorsprünge oder Falten des Primordialschlauches demselben entspringen, und sich dann oft quer in beliebiger Richtung durch den Zellraum erstrecken, um andererseits sich demselben wieder einzufügen. Sie bestehen aus derselben Substanz wie das schlauchförmige Protoplasma, bilden aber immer nur unmittelbare Fortsätze desselben. Man bezeichnet dieselben daher am passendsten mit dem Ausdruck „Protoplasmabänder". Sie laufen nach allen Richtungen, theilen sich, verknüpfen sich wieder und treffen der Regel nach zu mehreren da zusammen, wo der Zellkern ruht, ihn mit ihrer Substanz überziehend.

So stellt sich nun nicht selten die Zelle in ihrer gesammten Bildung, um es kurz zusammenzufassen, in folgender Gestalt vor Augen: Ringsum geht die geschlossene, feste Wandung aus Cellulosemasse gebildet. Derselben liegt, mit congruenter Außenfläche auf das Innigste angeschmiegt und ebenso in sich abgeschlossen, der sackförmige Außentheil des lebendigen Zellenleibes, der Primordialschlauch an. Um diesen laufen verschiedent-

lich nach innen zu oder sind quer durch den Raum von Seite zu Seite hinübergespannt mannigfache, schwächere und stärkere, verschieden verzweigte und wieder vereinigte Protoplasmabänder, und an einem beliebigen Orte des Primordialschlauches oder auch irgendwo im inneren Zellraum zwischen den Bändern an einem ihrer Vereinigungspunkte ist der Zellkern aufgehängt als massivstes Glied des Protoplasmasystems. Die Räume zwischen den Theilen desselben sind mit dem wässrigen Safte erfüllt, in welchem hier und da von den oben genannten Inhaltskörpern vertheilt sind. Die Mehrzahl der Chlorophyllkörper dagegen und viele Stärkekörner finden sich den Theilen des Protoplasmaleibes eingefügt oder doch demselben scheinbar angeheftet.

Wenn schon nach dem bisher Gesagten in den gewöhnlichen Parenchymzellen der Leib seine Hülle an Gliederung und Gestaltentwicklung übertrifft, so zeigt eine noch schärfere Betrachtung noch feinere Differenzen und noch auffallendere Erscheinungen an demselben. Zunächst erweist sich die Substanz des Protoplasmas nicht so gleichmäßig als es die der einfachen Zellwand ist. Zwar ist seine Grundmasse klar und glashell und ähnelt einer formlosen Gallerte. Doch läßt schon diese mittelst guter Vergrößerungen Ungleichheiten der Dichtigkeit durch Bildung von Schlieren, die sie in mancherlei Richtung durchziehen, erkennen. Dann aber finden sich durch die ganze Masse des Protoplasmas der Regel nach sehr zahlreiche und sehr kleine Körnchen vertheilt. Sehr verschieden an Anzahl, bald dichter geschaart, bald einzeln in die Grundsubstanz eingestreut erscheinen sie auch unter sich noch von verschiedener Größe. Die kleinsten noch erkennbaren steigen hinab bis zur Grenze der Sichtbarkeit und noch kleinere verschwinden wohl noch unterhalb derselben. Immerhin pflegt die Mehrzahl dieser Körnchen in demselben Zellenleib eine gewisse gleichmäßige Durchschnittsgröße einzuhalten und auch eine gleiche, kugelähnliche Form zu haben. Bei der ungleichen Vertheilung dieser

Körnchen scheinen dann oft manche — später noch genauer zu besprechende — Antheile des Protoplasmas ganz frei von ihnen zu sein. Man hat daher in demselben gewisse Schichtungen als verschiedene Zusammensetzungsglieder annehmen zu müssen geglaubt, und z. B. eine oft körnerarme Außenlage als „Hautschicht" von einer darauf nach innen zu folgenden „Körnerschicht" unterscheiden wollen. Treffender ist wohl, die Körnchen an sich der gesammten bald mit ihnen begabten; bald ihrer ledigen Grundsubstanz gegenüberzusetzen. Die gleichmäßige Grundsubstanz (neuerdings nicht unpassend als „Hyaloplasma" bezeichnet) ist eigentlich das Protoplasma im engeren Sinne des Wortes, wie später erhellen wird. Die Protoplasmakörnchen mögen für sich betrachtet als „Kleinkörperchen" („Mikrosomata") bezeichnet werden. Wir werden sehen, daß jedes körnerführende Protoplasma sich derselben entledigen und zu gleichmäßigem, leerem (hyalinem) Protoplasma werden kann.

Der Kern des Protoplasmasystems zeigt seinerseits nicht allein noch gewisse innere Differenzen, sondern verräth auch in seiner Hauptsubstanz einige Verschiedenheit von der des übrigen Protoplasmas, weßhalb man die hypothetische Stoffverbindung, die den Zellkern bildet, zum Unterschied vom übrigen Protoplasma auch „Nucleïn" genannt hat. Am meisten verräth sich der Unterschied nach dem Absterben des Zellenleibes. Alsdann erscheint die Masse des Kernes der Regel nach dichter, mithin stärker lichtbrechend als die der anderen Protoplasmaglieder, und es nimmt derselbe bei diesem mit dem Absterben verbundenen Verdichtungsvorgang gewöhnlich eine der Kugel ähnlichere Gestalt und geringeres Volumen an, als er im lebendigen Zustand besaß[1]). Die Substanz des lebenden Kernes ist da-

[1]) Zellen, die aus ihrem Gewebeverband gelöst sind, pflegen sich in reinem Wasser nicht lange lebendig zu halten. Sie verlangen eine dem Pflanzensafte ähnliche Flüssigkeit, wenn man nicht in der Lage ist, von diesem selbst eine ausreichende Menge dazu zu gewinnen. Man kann sich

gegen an Dichte nicht auffallend von der des anderen Protoplasmas verschieden, verhält sich indessen gegen verschiedene chemische Reagentien etwas abweichend und wird zumal durch färbende Stoffe in etwas anderen Farbentönen gefärbt als jenes. Die Kernmasse läßt auch im Inneren eine Zusammenfügung aus ungleich dichten Substanzen, welche in bestimmter Weise geformt sind, erkennen. Fast immer aber sieht man darin ein deutlich gesondertes, kugeliges Körperchen von scharfem Umriß liegen, das dem Anschein nach aus abweichendem Stoffe gebildet und deshalb sichtbar ist. Man nennt dies Körnchen, dessen fast ausnahmloses Auftreten oft ein gutes Erkennungszeichen des Zellkernes selbst bildet, einfach das „Kernkörperchen" (Kernchen, Nucleolus). Zuweilen finden sich solcher Körperchen auch zwei im Kern, zumal zeitweise in gewissen später zu beleuchtenden Zuständen, auch wohl sogar deren drei und noch mehr.

Der Zellkern liegt, wie schon oben gesagt, entweder dem Primordialschlauch angefügt, oder vielmehr, genau genommen, stets in die Masse desselben eingebettet, oder, wenn er im inneren Zellraum Stellung genommen hat, an einem Vereinigungspunkt mehrerer Bänder. Immer ist er dabei von der Substanz des Wand- oder Bandprotoplasmas vollständig und allseitig überzogen, so daß er im letzten Fall von einem besonderen Sack, der zwischen den Bändern aufgehängt ist, umgeben erscheint. Diese wohl nie fehlende Umkleidung des lebendigen Zellkerns kann man füglich als Kernbeutel (Pericoccium) bezeichnen.

---

dann einer stark verdünnten Zucker- oder Glycerin-Lösung, auch wohl thierischen Eiweißes mit Wasser vermischt, bedienen. Im reinen Wasser quillt der Zellkern stark auf, seine Außenschicht wird als zartes Häutchen in Blasenform aufgetrieben bis sie platzt, die dünn aufgenommene Flüssigkeit entläßt, und sich um den festen Substanzrest des Kerns wieder eng zusammenzieht. Derselbe, oft um die Hälfte kleiner als im lebenden Zustand, pflegt dann ein wachsartiges Ansehen zu bekommen.

Dieses Organ ist es nun, welches wie die Bänder oder der Primordialschlauch überhaupt oft sehr reichliche Protoplasmakörperchen enthält.

Somit sind schon bei einer im Ganzen einfach gebauten und in sich wenig differenzirten Zelle an ihrem lebendigen Leibe deutlich genug verschiedene dem Beobachter fast überall entgegentretende Theile zu unterscheiden: der Primordialschlauch (Protoplasmaschlauch, Wandprotoplasma), dann die Bänder als Ausgliederungen desselben, der Kern mit Kerntasche, oder Kernhülle und Kernkörperchen, endlich im Inneren aller Theile des Schlauch-, Band- und Kernhüllprotoplasmas die Mikrosomen oder Plasmakörnchen, im Gegensatz zu welchen die gesammte protoplastische Grundmasse in ihrer optischen Gleichartigkeit als Hyaloplasma (Grundprotoplasma) zu unterscheiden ist.

Wie alle diese Glieder des Zellenleibes schon physiognomisch von dem Gehäuse, das sie bewohnen, unterschieden werden können, so sind sie auch stofflich anders geartet. In der Substanz des Protoplasmas ist längst ein Stoff erkannt, der dem aus thierischen Körpern stammenden Eiweiß unmittelbar verwandt ist, also zu derjenigen Reihe organochemischer Verbindungen gehört, welche deshalb als „Albuminate“ oder als „Proteïn-Stoffe“ [1]) bezeichnet werden. Die Zusammensetzung aller dieser Stoffe ist eine sehr ähnliche. Alle bestehen aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Schwefel, und zwar hat die organische Chemie Grund genug, anzunehmen, daß eine sehr reiche Anzahl von Atomen dieser Stoffe zu einer Proteïn-Molekel zusammentritt, obgleich sie zur Zeit noch nicht im Stande ist, sich über die atomistische Structur derselben, d. h. die Art und Weise, wie die Einzelatome architectonisch zu dem künstlichen Gebäude der Molekel aneinander-

[1]) Wegen ihrer großen Wandelbarkeit.

gefügt sind, eine bestimmte Vorstellung zu machen. Alle Reactionen der Protoplasmatheile stimmen also mit denen der bekannten Albuminate derart überein, daß man die Substanz derselben eben als ein Albuminat oder ein Gemisch mehrerer solcher Verbindungen auffassen muß.

Ob nun das Protoplasma, die Kernmasse, die Mikrosomen alle völlig gleicher Zusammensetzung sind, ist zur Zeit nicht zu sagen, ist jedoch nicht ganz wahrscheinlich, da sie sich bei Reactionen und Tinctionen unter einander nicht ganz gleich verhalten. Freilich könnte man diese Ungleichheit theils auf verschieden dichte Lagerung ihrer Molekeln, theils auf rein mechanische Einlagerung anderer Stoffe in deren Gefüge, besonders auf verschiedenen Wassergehalt schieben. Doch dürfte dies, wie später noch zu erörtern, kaum ausreichend erscheinen. Immerhin wird es einstweilen nützlich sein, die specielle Albuminatform, welche die Masse des Protoplasmas aller Pflanzenzellen zu bilden scheint, und die vielleicht auch die Grundlage der Kernmasse und der Mikrosomen ausmacht, oder ihr beigemischt ist, mit einem einfachen Namen zu bezeichnen, der freilich einstweilen um so mehr einen nur hypothetischen Werth haben kann, als wir noch nicht wissen, ob dies eben eine einheitliche Albuminatverbindung ist, oder ein Gemenge mehrerer. Aus der hier entwickelten Anschauung heraus sei mithin dasjenige einheitliche Albuminat oder diejenige Gesellschaft von Albuminaten, deren Natur sie befähigt, allen den vom Protoplasmaleib ausgehenden, mechanischen, chemischen, vitalen Leistungen als Werkzeug und Vermittelungssubstanz zu dienen, mit der Benennung „Protoplastin" benannt. Doch ist hierauf noch weiter unten zurückzukommen.

Nun aber sind außer vorstehenden formalen und stofflichen Beobachtungen zunächst noch andre zu besprechen, welche erst recht geeignet sind, auf Bau und Verrichtung des lebendigen Zellenleibes ein noch tiefer eindringendes Licht zu werfen.

4. Bewegungserscheinungen im Zellenleib. Saftströmungen. Folgerungen daraus.

Was bisher über die Gestaltung des protoplasmatischen Zellenleibes gesagt ist, schildert den thatsächlichen Zustand desselben, so zu sagen, wie ein photographisches Momentbild, welches selbst schneller bewegte Gegenstände in Ruhe erblicken läßt. Ein solcher Ruhezustand im Innern der lebendigen Zelle, wie ihn das angeführte Bild darstellt, ist in der That keineswegs der gewöhnliche oder gar der gesetzmäßige. Vielmehr sind mit der Arbeit, die der Zellenleib in seinem Innern leistet, mannigfach in die Augen fallende Bewegungen verknüpft. Und zwar treten dieselben wesentlich unter zweierlei Form in die Erscheinung. Theils erblickt man im safterfüllten Zellraum Strömungen, die ihn durchziehen, theils sind es Verschiebungen der oben geschilderten Glieder des Zellenleibes selbst, welche die ganze Gestaltung desselben nicht als eine für die Dauer hergestellte, sondern als eine steter Veränderung unterworfene erkennen lassen. Die Theile des Protoplasmas sind nicht, wie die gröberen Organe der lebendigen Körper, zu örtlich bestimmter und bleibender Verrichtung ein für alle Mal ausgeformt. Vielmehr können sie jeden Augenblick ihre Gestalt, ihre Stellung und demzufolge wahrscheinlich auch ihre Verrichtung wechseln.

Man nimmt nun bei Betrachtung einer Zelle unter dem Mikroskop der Regel nach die Strömungen in derselben schneller wahr, als die Bewegungen der Glieder, die sich langsamer vollziehen. Deßhalb sei mit der Erörterung von jenen begonnen. Was man zuerst zu sehen pflegt, sind Reihen oder Züge jener kleinen Protoplasmakörnchen, welche offenbar von einem Flüssigkeitsstrom, der an sich wegen seiner Durchsichtigkeit nicht deutlich genug unterscheidbar wird, fortgetrieben, die Bänder des Zellraumes durchziehen. Schmalere oder brei-

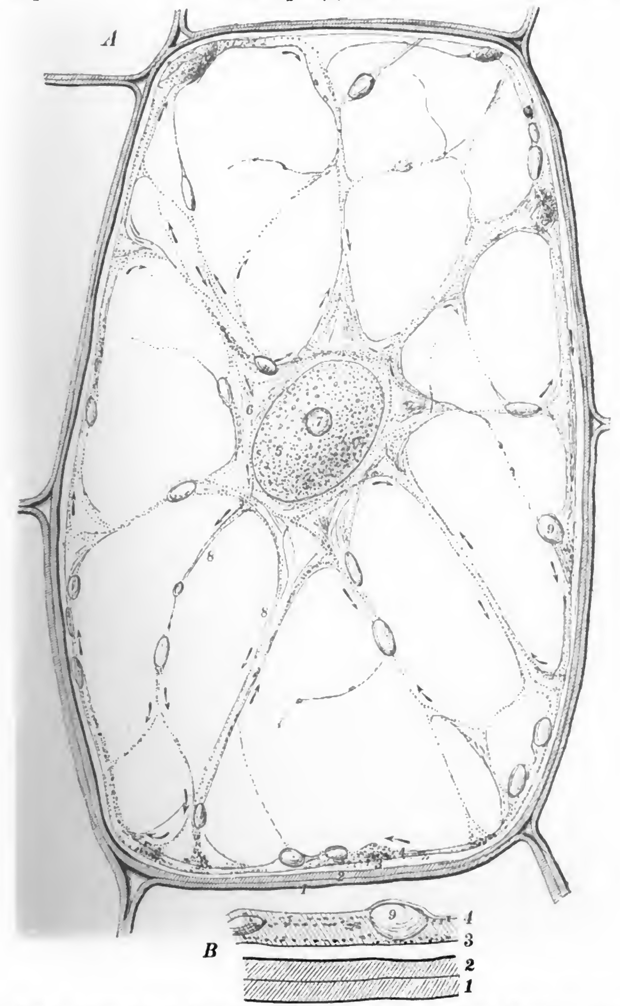


Fig. 1. A Eine noch im Wachsen begriffene Zelle aus parenchymatischem Gewebe mit Zellstoffwand (2), Primordialschlauch (3—4), Kern (5), Kerntasche (6), Kernkörperchen (7) und Protoplasmabändern (8). Ueber 1000mal vergrößert. Die Richtung der Körnchenströme ist durch Pfeile angegeben. — B Ein Stück aus den Wandungen noch stärker vergrößert; Wände der Nachbarzellen: 1; eigene Zellwand: 2; äußere und innere Hautschicht des Primordialschlauchs: 3 u. 4; Chlorophyllkörper: 9.

tere Körnerströmchen bewegen sich von einer Wandseite nach der anderen in verschiedenen Richtungen, theilen sich nicht selten unterwegs oder fließen zu mehreren in einen Strom zusammen bis zu einer andern Wandstelle hinüber. So entstehen oft zusammengesetzte Systeme netzartig verbundener Strömchen. An einer Stelle der Umwandung wieder angelangt, laufen dann die scheinbar frei herübergekommenen Körnchenzüge längs derselben weiter, verschiedene Richtungen einschlagend, bis sie von Neuem in ein Protoplasmaband einlenken und dasselbe der Länge nach durchströmen. In nahe bei einander liegenden Bändern, ja selbst in einem und demselben Bande, laufen Ströme häufig in entgegengesetzten Richtungen neben einander; selbst mehr als zwei Strömungen bewegen sich in demselben Bande. Am besten nimmt man die Verschiedenheit oder das Widerspiel der Körnchenströme wahr, wenn man den Primordialschlauch in seiner Flächenausdehnung in Beobachtung nimmt. Die Körnchen führende Flüssigkeit ergießt sich aus dem Bande wie aus engem Kanale kommend über den weiten Raum des Wandprotoplasmas gleich dem Gießbach, der aus schmalem Bett hervorbrechend, sich auf ebenem Boden ausbreitet. Langsamer fließend zertheilt sich die strömende Menge in verschiedene Läufe oder vertheilt sich über eine breite Fläche des Primordialschlauches. Auch hier fließen dann die Bächlein in entgegengesetztem Lauf gegen einander. Bei solchen Begegnungen entstehen auch wohl Stauungen und selbst kleine Wirbel. Immerhin aber werden selbst die neben und wider einander laufenden Flüßchen in ihren Betten ziemlich fest gehalten und laufen lange Strecken, ein jedes für sich und durch die Nachbarströmung unbeirrt, fort. Und was man der Regel nach am wenigsten erschaut, ist, daß am Rande des Strombettes irgend eines der kleinen Körperchen etwa in den Saft, der den neutralen Zellraum zwischen den Bändern erfüllt, hinausgerathe und darin zurückbleibe. Wohl aber sieht man

in den Strömchen die Mikrosomen je nach ihrer Masse und Größe bald langsamer bald schneller sich bewegen und gewinnt daraus um so sicherer und überzeugender die Vorstellung, daß sie von einer in Bewegung begriffenen Flüssigkeit getrieben werden. Selbst Massen schleimähnlichen Protoplasmas werden mitgewälzt, nicht selten auch die später noch zu besprechenden Blattgrünkörper, je schwerer sie sind, desto langsamer. Je größer außerdem so ein kleines im Strome schwimmendes Fahrzeug ist, desto leichter strandet es oder scheint in einer Enge stecken zu bleiben, die dem Auge zunächst als solche meist unsichtbar ist. Allein man sieht eben die forttreibenden Klümpchen, Körner und Körnchen stocken, sich aufstauen und ansammeln, plötzlich wieder vorwärts eilen, genau wie es den Steinen und sonstigen Geröllkörpern ergeht, die ein Gebirgswasser in eingeengtem Bett mit sich fortwälzt. Offenbar sind die weithin eingehaltenen Bahnen, in denen die kleinen Körnchen verweilen, mittels bestimmter Schranken für ihren Lauf vorgezeichnet, welche sie nicht durchbrechen können. Ebenso bleiben die Strömungen, welche im Primordialschlauchgebiet verlaufen, gegen das safterfüllte Zellinnere scharf begrenzt, und vertheilen sich wesentlich nur nahe der Zellwand in der Fläche der Protoplasma-Ausbreitung; und auch größere Ballen plasmatischer Substanz, die mit in Bewegung gerathen, schieben sich dicht längs der Wand hin und gerathen, selbst wenn sie den Primordialschlauch an Dicke mehrmals übertreffen, doch nicht weglos in den Saftraum hinein, es sei denn, daß sie ein Band aufnähme und nebst den übrigen strömenden Theilen in seiner Richtung wiederum quer durch den Zellraum leite. (Vgl. Fig. 1.)

Diese Strömungserscheinung im Innern der Räumlichkeit einer Zelle und im Umkreise nächst ihrer äußeren Wandung hat nun, so lange sie beobachtet worden ist, viel wissenschaftliches Kopfzerbrechen veranlaßt. Diejenigen, welche den Vor-

stellungen einer eignen und feineren Organisation des Protoplasmas abhold sind, erblickten in dieser Erscheinung nichts weiter als strömende Bewegungen im Zellsaft, welche aus irgend welchen chemischen oder physikalischen Anlässen gewöhnlicher Art, etwa aus Temperatur-Differenzen oder dergl. die Zellflüssigkeit zusammt ihrer Gestalt an festen Theilchen zum Fortfließen in bestimmten Bahnen brächten, wie ja auch im freien Wasser der Oceane Strömungen in beständiger Richtung sich bewegen. Dagegen glaubten andere Forscher, zumal solche, welche geneigt waren, überall zwischen den thierischen und pflanzlichen Lebenserscheinungen Aehnlichkeiten zu finden, für diese Strömungen, welche das Zellinnere durchsetzen, ein System überaus feiner Gefäßchen, den Capillargefäßen des thierischen Blutumlauf-Apparates vergleichbar, ohne Weiteres annehmen zu sollen.

Zu dieser letzten Annahme indessen konnte man nur kommen, wenn man allein die eine Form der netzartig im Zellraum vertheilten Stromläufe — und diese dazu als eine beständige Einrichtung in's Auge faßte. Jene erste Ansicht vermochte man dagegen nur dann festzuhalten, wenn man gegen die trotz aller Bewegsamkeit scharfe Begrenzung der Stromläufe mit den in enge Betten gebannten Körnchenzügen die Augen verschloß. Die thatsächliche Wahrheit liegt zwischen beiden Ansichten in der Mitte.

Um diese indessen zu erkennen, muß man auch noch die anderen Formen, in welchen diese Erscheinung auftritt, in Betracht ziehen. Wir haben uns hier zunächst an diejenige Art derselben halten müssen, welche in einem großen Theil der Zellen aller höher entwickelten Pflanzen eben die gewöhnliche, also gewissermaßen normale ist. Dieselbe aber ist nicht gerade die einfachste Erscheinungsform, auch keineswegs die auffälligste. Vielmehr treten die protoplasmatischen Bewegungen in einer Anzahl von Wasserpflanzen, ob diese gleich zum

Theil den höheren Pflanzenklassen zugehören, in einerseits auffälligerer, andererseits einfacherer Weise auf. In den Zellen der leicht durchsichtigen Blätter und Wurzeln der Najaden und mehrerer Hydrocharitaceen (z. B. Vallisneria, Elodea u. s. w.), sowie in den sonderbaren sogenannten Armleuchter-Gewächsen (Chara, Nitella) befindet sich nämlich scheinbar der gesammte Primordialschlauch mit allem, was in und an ihm haftet, in steter kreisender Bewegung. Das klare Protoplasma mit seinen dichten Ballen, die Kleinkörperchen, in einigen auch die Chlorophyllkörper, alles wird stetig und oft recht schnell in der Richtung des längsten Zelldurchmessers (so also, daß einer der kürzeren Durchmesser die Umlaufsaxe bildet) herumgewälzt, selbst der Zellkern, der sonst in ruhiger Beharrlichkeit inmitten der feineren Strömungen, die ihn umkreisen, zu thronen scheint, wird hier vom gleichen Schicksal getroffen und mit umgetrieben.

In dieser Gestalt wurde die Bewegung im Zellraume schon im Jahre 1772 von Bonaventura Corti zuerst entdeckt, mußte jedoch, da dieser merkwürdige Fund seltsamer Weise unbeachtet blieb, von G. R. Treviranus im Jahre 1806 noch einmal aufgefunden werden. Seitdem haben diese Vorkommnisse, da sie leicht genug wieder vor Augen zu führen sind, zusammt einigen wenigen Theilen anderer Pflanzen, in denen die vorher geschilderte Form der Saftströmungen auch leicht genug besehen werden kann, überall als Gegenstände zum Nachweis dieser Lebenserscheinungen dienen müssen, und werden deßhalb in allen Lehrbüchern angeführt. So nützlich sie dadurch geworden sind, so ist nicht zu leugnen, daß die beschränkte Zahl derselben, die immer wieder allein genannt wird, zu der weit verbreiteten Annahme hat führen helfen, daß die ganze Erscheinung im pflanzlichen Zellenthum nur eine Ausnahme sei. Noch heut zu Tage ist es nicht gelungen, der Vorstellung von der Verbreitung gleicher oder ähnlicher

Vorgänge durch alle Pflanzen hin selbst in wissenschaftliche Kreise genügenden Eingang zu verschaffen.

So hat man sogar zunächst die einfachen Umwälzungen der plasmatischen Substanzen in den Charen, Elodeen u. s. w. als einen ganz anderen Vorgang angesehen als die gegliederten Strömungen im Bändernetz der Zellen anderer Pflanzen, und jener den Namen der Rotation, dieser den der Circulation verliehen. Man beachtete nicht, daß auch die durch das Zellinnere circulirenden Saftströmchen deren Umfang umkreisen müssen, und daß auch in den Zellen, in denen diese Erscheinung vorkommt, dieselbe nicht zu allen Zeiten und unter allen Umständen herrscht, vielmehr auch hier nicht selten die inneren Querbänder mit ihren Strömen fehlen, und die ganze Flüssigkeitscirculation auch hier dann lediglich auf die Fläche des der Wand anliegenden Primordialschlauches beschränkt bleibt. Hieraus ist dann wohl zu erkennen, daß es sich selbst für die am weitesten auseinanderliegenden Formen solcher Säfteströmungen doch nur um verschiedene Weisen des principial gleichen Vorgangs handelt, welcher die Stoffumtriebe in allen möglichen Zellenleibern beherrscht.

Fassen wir dann die einzelnen Züge dieses Vorgangs zum Vergleich schärfer in's Auge, um zwischen den Ansichten, die darüber herrschen, zu entscheiden, so drängt sich uns zunächst der Umstand vor allen auf, daß die in strömender Bewegung begriffenen Theile des Protoplasma-Organismus stets und überall in ihren Bahnen bleiben, deren Abgrenzung gegen die übrige Zellflüssigkeit, mögen sie sich auch oft durch Zartheit dem unmittelbaren Anblick entziehen, — also nicht als Umrißlinie erscheinen, — sich in der Bewegungsart vollkommen scharf ausspricht. Selbst die an der äußersten Grenze eines Stromes laufenden Körnchen kommen nur selten aus ihrer Bahn und verlassen ihre mehr in der Mitte desselben forttreibenden Genossen nicht leicht. Nirgends, es sei denn in

Fällen gewaltsamer oder krankhafter Störung, geräth ein Theilchen aus der Strombahn in den Zellraum, den dieselbe durchzieht. Ebensowenig sieht man die denselben anfüllende Flüssigkeit unmittelbar von der Strömung beeinflußt oder irgendwie in Mitleidenschaft gezogen. Unbekümmert um die in der Zellflüssigkeit etwa liegenden festen Theile ziehen die Mikrosomen ihre Straße, und theilnahmlos für deren Treiben liegen die Bestandtheile außerhalb derselben in Ruhe, oder folgen ihren besonderen Bewegungsantrieben.

Dies alles ist mechanisch nur erklärbar, wenn man annimmt, daß die Strombahnen durch die Zelle hindurch durch wirkliche feste Schranken bestimmt werden, welche jede Vermischung, selbst eine unmittelbare Berührung der in ihnen fließenden mit den außer ihnen befindlichen Substanzen verhindern. Vorgezeichnete, sichere Flußbetten nur können den körnchenführenden Saft in der Weise unvermischt erhalten und ihn so seinen Weg einhalten lassen, wie es der Augenschein lehrt. Ja, man sieht sich sogar genöthigt, für solche Bänder oder Fäden des Protoplasmasystems, in denen sich mehrere Ströme in entgegengesetzter Richtung und oftmals auch verschiedener Schnelligkeit nebeneinander bewegen, noch ebenso haltbare Scheidewände anzunehmen, die ihr Inneres längs durchziehen, um diese verschiedenen Flüsse auseinander zu halten. Es ist daher das Natürlichste, sowohl sich die Außenfläche eines Protoplasmabandes von hautartig dichter Substanzschicht fest umkleidet zu denken, als auch ebenso ähnliche membranartige Scheideschichten im Innern derselben zwischen den verschieden fließenden Strömchen anzunehmen. Freilich kann man, wie schon gesagt, die Wandung dieses Schlauches und seine Längsscheidewände durchaus nicht immer deutlich sehen. Nur in derberen Bändern erscheinen sie wohl; in den feineren dagegen glaubt man eben nur ganz einfache solide Protoplasmafädchen zu erblicken, und kann leicht beim ersten Anblick zu der

Vorstellung kommen, daß die Körnchen längs dem Faden wie auf einer gespannten Saite dahinkröchen, durch irgend ein Bindemittel daran festgehalten. Ja, es giebt selbst Erscheinungen, die für die stärkeren Bänder einer ähnlichen Auffassung Raum verschafft haben. Nicht selten gehen auch hier die Mikrosomen, zumal die größeren unter ihnen, so an der Oberfläche dahin, daß sie mehr auf derselben zu kriechen, als unter derselben zu schwimmen scheinen. Und zumal liegen eine Menge Beobachtungen an entsprechenden Protoplasmafäden oder dergleichen Oberflächen aus thierischen Zellenleibern vor, welche in manchem zoologischen Beobachter die Anschauung von Körnchen an der Oberfläche sich zum festen Theorem haben erhärten lassen. Nichts desto weniger verhält sich die Sache nicht so. Eine solche Bewegungsart — das liegt wohl ohne weitere Erörterung auf der Hand — wäre physikalisch nur verständlich, wenn man entweder die Oberfläche des Protoplasmastreifens mit ganz absonderlich wirkenden bewegenden Kräften ausgerüstet dächte, oder wenn man annähme, daß die Kleinkörperchen, die Hyaloplasmaklümpchen, die Chlorophyllkörper u. s. w., alle mit eignem Ortsbewegungsvermögen begabt, sich nun ein besonderes Geschäft daraus machten, alle hintereinander auf der Fadenfläche hinzulaufen, um gelegentlich dann in sein Inneres zu kriechen und dort weiter oder wieder zurück zu schwimmen. Nun aber sieht man gerade bei der Schwimmbewegung dieser Körper im Innern der Protoplasmaglieder nicht das geringste Anzeichen, als ob dieselben eine Schaar *selbständiger* Geschöpfe ausmachten, welche sich nach Belieben so oder so *fortbewegten*; vielmehr werden sie augenscheinlich, wie schon gesagt, von bewegter Flüssigkeit *gestoßen* und fortgeschwemmt. Zudem aber fehlt auch jede sonstige Berechtigung zur Annahme einer solchen *gleichen* Begabung der Körperchen so verschiedener Bildung. Ebenso fehlt dieselbe zur theoretischen Belehnung der Protoplasma-Außenfläche mit

Zug- oder Triebkräften, die in dieser Weise wirken. Endlich fehlt dazu auch das Bedürfniß, da in allen genügend deutlichen Fällen sich der Anschein des Außenkriechens als Thatsache des Innenschwimmens erkennen läßt. Wo immer ein größeres Individuum der fraglichen Körperschaar auf der Fläche eines Protoplasmagliedes, sei dasselbe Band, Kernhülle oder Primordialschlauch, hinzugleiten scheint, wird man, bei ausreichend scharfer mikroskopischer Beobachtung, stets die so zarte schleimähnliche Oberflächenschicht der Protoplasmasubstanz an entsprechenden Fällen sich über das Körperchen fort, nicht unter dasselbe durchziehen sehen. Wie etwa ein schlaffes Segeltuch, über eine Anzahl einzeln auf dem Boden liegender Fässer gebreitet, zu jedem derselben an beiden Seiten sich in ansteigend gekrümmter Fläche, den zwischen Faß und Erdboden bleibenden keilähnlichen Hohlraum überspannend, erhebt, um den obern Theil innig anliegend zu überziehen, so geht das Außenhäutchen des Protoplasmas über die fraglichen Körper fort. Wie die Haut eines dünnen Darmes sich über einen hineingezwängten, zu dicken Körper in ähnlichen Curven hinüberspannt, so überzieht die zarte Membranschicht des dünnen Protoplasmafadens die längs ihm „kriechenden" Körperchen von beiden Seiten her. Wo so ein feines Häutchen den Rücken oder Scheitel des Hügels, den so ein Körperchen über dem übrigen Protoplasma-Niveau darstellt, überdeckt, da wird es, innigst demselben angeschmiegt, wegen seiner Feinheit oft unsichtbar bleiben. Allein gerade da, wo das Körperchen seine Unterlage ringsum in oft einspringenden Winkeln berührt, ist es, wo die entscheidende Anschauung zu gewinnen ist. Diese Dinge sind leicht genug körperlich zu sehen und theoretisch zu begreifen, um als nicht mehr zweifelhaft angesehen werden zu können.

So müssen nun demzufolge die Bänder als geschlossene, innen mit strömendem Inhalt erfüllte, außen mit membra-

nöser Schicht gegen die Umgebung umgrenzte, oft sogar auch im Innern noch durch längslaufende Scheidehäutchen in mehrere Rinnen getheilte Schläuche aufgefaßt werden. Also können wir nicht wohl unterlassen, uns auch den Primordialschlauch ganz aus denselben Gründen nach dem Zellraume zu durch eine ebensolche hautartige Schicht abgeschlossen zu denken. Zwischen dieser und der Zellhaut laufen dann die körnchenführenden, bald hier-, bald dorthin ebbenden und fluthenden Saftströmungen.

Da früge sich denn, ob die der Zellwand anliegende Substanzlage des Protoplasmas nun gegen jene nicht weiter fest begrenzt ist, vielmehr sich der Zellwand selbst als Schutzwand und Stütze gen außen bediene. Diese Frage läßt sich leicht aus zwei Beobachtungen beantworten. Erstlich sind freie Protoplasmaleiber, die, wie nachher noch zu erörtern sein wird, gar keine Zellwand um sich haben, ebenso gut gegen die Außenwelt, z. B. das umgebende Wasser, abgegrenzt als umwandete. Nichts aus ihrem Innern oder Umfang vermag nach außen hin zu entfallen oder als zufällig abgelöst in das umgebende Wasser hineinzutreiben. Der Abschluß ist ebenso wie der oben von den inneren Gliedern geschilderte. Dann aber kann man durch gewisse, dem Zellenleib Wasser entreißende Stoffe, z. B. Zucker, den Primordialschlauch zwingen, um das verringerte Volumen des Innenraumes sich selbst auch zusammenzuziehen. Damit weicht derselbe dann ein wenig von der Cellulosewand zurück und erscheint als sicher umrissene Individualität, wie in obigem Fall der im Freien schwimmende Protoplasmakörper.

Danach besteht also auch der Primordialschlauch aus einem äußeren, der Zellwandung anliegenden und einem inneren, den Zellinnenraum umschließenden Protoplasmahäutchen, und zwischen beiden fließen die Körnchenströme in ihren breiten Bettungen, welche durch dichtere Substanzstreifen wie durch Deiche getrennt sind.

Endlich müssen wir auch für den Kern Aehnliches annehmen. Daß die aus der Verschmelzung von Bändern oder aus dem Innenhäutchen des Primordialschlauches gebildete Kerntasche gegen den Zellraum ebenso membranartig, wie es jene sind, umkleidet ist, liegt auf der Hand. Andererseits sieht der Umriß des Kernes fest genug aus, und seine Substanz ist zuweilen scharf genug gegen die Hülle abgegrenzt, daß man schon daraus eine membranartige Umfangsschicht zwischen Kern- und Hüllsubstanz annehmen dürfte. Doch findet diese Annahme eine directe Bestätigung darin, daß ein beim Absterben durch übermäßige Aufsaugung von Wasser in sein Inneres aufquellender Kern wie eine von relativ zäher und elastischer Haut gebildete Blase aussieht. Hierauf wird indessen noch später zurückzukommen sein. Ob nun aber dieses „Kernhäutchen" der Substanz des Kernes oder der der Kernhülle entstammt, oder ob gar jede dieser Substanzen ein solches für sich liefert, und beide nun dicht aufeinander liegen, das zu entscheiden, fehlt es zur Zeit noch an ausreichenden Beobachtungen.

So hat sich denn die schon oben gewonnene Anschauung vom Bau und der Physiognomie des regelrecht ausgestalteten Protoplasmaleibes noch erheblich weiter entwickelt. Wir erblicken in dem Primordialschlauch wie in der Kernhülle je einen sackförmigen Doppelschlauch, zwischen dessen Innen- und Außenwand zähe, weiche, flüssige Schichten miteinander wechseln, und in den Bändern ähnliche, jedoch band- oder fadenförmig in die Länge gereckte und meist quer ausgespannte Gebilde.

Nun aber muß man sich doch vor der gröberen Vorstellung einer allzu scharfen Ausprägung dieser Gegensätze hüten. Wir haben zur Zeit keinen genügenden Grund, uns diese doppelten oder einfach ringsumlaufenden oder die Strömungen auseinanderhaltenden Häutchen als wirklich beiderseits von den benachbarten Stoffen scharf abgesetzte und differenzirte Schichten vorzustellen. Nach außen oder nach der Cellulose-

schale und nach dem inneren Zellraum oder der Kernmasse zu sind sie das sicher. Nach dem eignen protoplasmatischen Innern zu aber sind wir einstweilen nur berechtigt, uns die Substanz dieser Deckhäutchen aus der zähen Consistenz, vermöge deren sie als Haut auftritt, nach und nach in eine immer weichere und beweglichere übergehend zu denken. Die einander nahe gelagerten Stofftheilchen der Außenschicht sind, so kann man sich denken, je weiter nach innen, desto lockerer gelagert und halten in demselben Maaß mittelst der zwischen ihnen wirkenden Anziehungskraft um so weniger an einander fest. Endlich werden die Abstände zwischen denselben zu groß, als daß sie sich überhaupt noch in irgend einer Ordnung und Form vereinigt erhalten könnten, sie verlieren die Fühlung, so zu sagen, und fallen auseinander. Damit geht denn also der festere Aggregatzustand der hautartigen Außenschicht durch alle Zustände zunehmender Weiche und Geschmeidigkeit in den flüssigen über, in welchem sich das strömende Protoplasma eben im inneren Raum zwischen den Membranschichten befindet. Wie die Außenhäute, so werden auch die inneren Scheidewände der Bänder und Schläuche des Protoplasmaleibes beiderseits auch nur allmählich in lockere und flüssige Form übergehen, ohne scharf gegen diese abgesetzt zu sein. Dabei wäre dann auch eine leichtere und schnellere zeitliche Umwandlung eines festen in einen flüssigen Protoplasma-Antheil leicht vorstellbar. Annähern und Auseinanderweichen der Molekeln oder Molekelgruppen könnte dieselben Theile des Protoplasmas nun als festere Streifen eine Gestalt annehmen, nun wieder flüssig auseinander laufen und sich bequem und lebhaft neben einander fort bewegen lassen. Diese Vorstellungsweise wäre außerdem um so plausibler, als zur Zeit kein genügender Grund vorliegt, das fließende und das festgestaltete Protoplasma als aus chemisch verschiedenen Verbindungen bestehend zu denken. Beide scheinen vielmehr nur

Formen des gleichen Protoplastins zu sein, welche nur durch ihren Wassergehalt von einander abweichen. Immerhin sei der fließende Theil desselben zusammt seinem Gehalt an Kleinkörperchen als „Protoplasmasaft“ oder vielleicht kürzer als „Enchylema“ bezeichnet. So wäre der Gegensatz dieser Flüssigkeit gegen die wässrigen Lösungen von allerlei Substanzen, die den Zellraum erfüllen, und schlechthin „Zellsaft“ heißen, um so schärfer hervorgehoben.

Auch auf die nun folgenden gröberen Bewegungserscheinungen im Zellenleibe wirft dann diese Anschauung alsbald ein günstiges Licht.

5. Verschiebung, Umlagerung und weitere Ortsbewegung des Zellenleibes und seiner Glieder.

Während die vorstehend geschilderten Strömungen, wie schon gesagt, in manchen Zellen leicht in die Augen fallen, vollziehen sich noch andere Bewegungen im Innern der Zelle, welche meist langsamer von Statten gehen und sich leichter der Wahrnehmung entziehen, die aber doch wohl schwerlich jemals fehlen, wo jene bemerkt werden. Und an diese reihen sich endlich Gestaltänderungen und Ortsbewegungen ganzer Zellenleiber, welche an Auffälligkeit und Wirkung alle jene anderen weit hinter sich lassen.

Schon die Körnerströme verrathen dem ruhigen Beobachter durch ihre Veränderlichkeit die entsprechende Unbeständigkeit ihrer Betten. Wenn man auch einen Strom oft lange Zeit in annähernd gleicher Richtung ein Band oder einen Theil des Primordialschlauches durchlaufen sieht, so ändert sich doch alle Augenblicke, bald hier bald dort, seine Breite, Stärke oder Schnelligkeit. Allein auch die Richtung bleibt selten längere Zeit unverändert. Gradaus laufende Flüssigkeitsbahnen krümmen sich hierhin oder dorthin, die Querrichtung durch den Zellraum ändert ihre Abgangs- und Einmündungs-Winkel.

Ströme, die sich vereinigen, verschieben ihren Zusammenfluß stromauf- oder -abwärts. Ganze Massen des Wandprotoplasmas ziehen sich mit in ein oder das andere Band hinein, erbreitern, verstärken es, während andere Bänder vorwärts in den Körper des Primordialschlauches sich versenken. Quer durch den ganzen Zellraum vermögen sich die Bänder fortzuschieben, voran, seitwärts oder rückwärts und schließlich sich mit ihrem ganzen Gehalt an fester und strömender Substanz in die Masse des Primordialschlauches, da wo sie dieselbe treffen, einzubetten und darin sofort zu verschwinden. Andere entstehen dann daraus anderen Orts, indem sie als Faltung aus der Fläche des Wandprotoplasmas auftauchen, sich weiter daraus emporheben, bis die Falte sich in der Mitte löst und zum frei hinübergespannten Bande wird. Auch können die Bänder wohl in Gestalt schmaler Vorstöße aus der Protoplasmafläche emporgetrieben und gleichsam mit dem freien Zipfel voran durch den Raum gesendet werden, bis sie die Gegenseite gewinnen und mit ihr verschmelzen, obgleich die Thatsächlichkeit solcher Fälle schwer festzustellen ist. Selbst sehr feine Fäden können so herausgestreckt und beliebig durch den disponiblen Raum verlängert werden, bis sie in freier Endigung aufhören oder mit Nachbarn oder Gegenläufern zusammentreffen und sich ebenfalls vereinigen. Selbstverständlich kann in der allgemeinen Unruhe auch der Zellkern um so weniger auf seinem Platze bleiben, je freier er zwischen den Bändern und Fäden aufgehängt ist. Vielmehr folgt auch er ruhelos deren Verschiebungen nach allen Richtungen, wird von dem sich bald hier- bald dorthin kürzenden, dehnenden, bald so, bald so verzogenen Netzwerk der Fäden wie ein Fahrzeug an allseitig ausgespannten Tauen umhergeschleppt. Ja gerade dieser ausgezeichnete Einzelkörper, der in seiner besonderen Individualisirung inmitten der nach Form und Substanz veränderlichen Bänder des Protoplasmas, wo er auch sei, leicht wieder erkannt wird, ver-

räth um so sicherer die ganze Bewegsamkeit des Zellenleibes in ihren nach und nach eintretenden Ergebnissen. Nicht nur, daß so ein Kern nach längeren Zeiträumen seinen Platz, wie schon immer bekannt war, wechselt und bald an der Wand, bald irgendwo im inneren Raum angetroffen wird, so kann man auch seine Bewegung sogar unter den Augen sich vollziehen sehen. Bald an den Wänden herum, bald quer durch den von Bändern durchspannten Raum legt er oft schon binnen einer oder weniger Stunden einen viel verschlungenen Weg zurück. Wenn man solchen verfolgt, so liefert er den Beweis, wie dieser seltsame Körper sein Gebiet, die Einzelzelle, zu gewissen Zeiten der innern Thätigkeit fortwährend in allen Richtungen durchsegelt, als ob er es überall zu inspiciren hätte. Dabei läßt sich denn auch eine gewisse, wenn auch beschränkte Gestaltänderung des Zellkernes nicht verkennen, dessen Substanz im Allgemeinen viel weniger schmiegsam erscheint, als das übrige Protoplasma. Längs der Wand hinkriechend streckt er sich in die Länge und flacht sich an der Seite, die jener anliegt, zu platter Sohle ab. Von den Bändern frei durch den Raum bugsirt, nimmt er leicht eine Eiform an, mit dem schmalen Ende nach vorn gekehrt. In ruhigerer Lage im Zellenraum, besonders in der Mitte, ist seine Gestalt gern linsenförmig oder kugelähnlich und dann nimmt er zusammt der an den Ecken in straff gespannte Plasmabänder übergehenden Kernhülle scheinbar eine vieleckige, fast sternförmige Form an. Entsprechend liegt das Kernkörperchen bald mehr in seinem Mittelpunkt, bald mehr einem Ende genähert.

Der Anblick aller Theile des so beweglichen Netzes, der mit einander verknüpften, straff mit Spannungscurven hier und dort ineinander laufenden Bänder und Fäden, die sich hin und her ziehen und recken und den Kern zwischen sich, wie die Spinne im Netz, in leiser aber stetiger Verschiebung hin und her durch den Zellenraum mit sich schleppen, kann keinen

Zweifel lassen, daß der Primordialschlauch an dieser Bewegung Theil nimmt. Schon die stete Abgabe von Substanz an die bereits bestehenden, wie an neu hervortretende Bänder und die Rücknahme derselben in seine Masse muß dieses Organ selbst zu stetem ausgleichendem Hin- und Herschieben seiner Massentheilchen nöthigen. Allein das Fortgleiten der Bandansätze auf seiner Fläche und das scheinbare Kriechen des Kernes auf eben derselben, lassen sich nicht wohl anders verstehen, als daß auch der gesammte Primordialschlauch bald seine einzelnen Flächentheile hin und her reckt, bald sich vielleicht ganz und gar im Innern seines Gehäuses herumschiebt. Wenigstens würde seine innere Hautfläche recht weitgreifenden derartigen Umlagerungen nicht wohl entgehen können. Zumal die Erscheinung der sogenannten einfachen Rotation, wie sie eben von den Zellen gewisser Wasserpflanzen geschildert ist, würde durch die Annahme eines ganzen oder theilweisen Mit-Rotirens der inneren Primordialmembran mechanisch leichter vorstellbar werden. Von dem äußeren Schlauchhäutchen freilich, das der Celluloseschale anliegt, läßt sich das weniger leicht annehmen. Doch ist sehr wohl zu beachten, daß bei der fast unbegrenzten Plasticität des ganzen Zellenleibes die Verschiebungen seiner Theile neben einander selbst für weite Strecken ohne mechanische Trennung vorgestellt werden können.

Endlich giebt es noch complicirtere Fälle von Anordnung und Bewegung der Protoplasmaglieder. Zuweilen umgiebt z. B. eine äußere relativ ruhende Primordialschlauch-Schicht eine zweite innere, innerhalb der die Strömung stattfindet. Dann liegen wohl, wie z. B. in der Chara, in jener die Chlorophyllkörper, in dieser die farblosen Protoplastinmassen, während in den oben erwähnten Fällen das Chlorophyll mit umgetrieben wird. Selbst mehr als zwei netzartig gebildete Protoplasmaschläuche können in einander geschachtelt und unter einander durch ein Gitterwerk von Bändern verbunden und

mit Knoten und sonstigen Verdickungen durchstreut sein. Dergleichen besonders künstliche Bildungen, zwischen deren Gliedern die Strömchen hier- und dorthin fließen, finden sich gerade bei den einfachsten Pflanzen, den Conserven.

Das hohe Maaß von Bewegsamkeit, das man an den Bändern und der ausgespannten Kernhülle unter Augen unmittelbar erblickt, dieses Sichdehnenlassen ohne zu reißen, dies Sichkürzen ohne Falten zu schlagen, dies stets wechselnde Schwellen und Schrumpfen, Recken und Pressen erweist eine so große seitliche Verschiebbarkeit aller Molekelgruppen, daß diese der in Flüssigkeiten herrschenden nahe kommt, ohne jedoch mit diesem Zustand zugleich ihre Cohäsion und damit ihre organische Gestaltung einzubüßen.

Man gewinnt somit von dem Innern derjenigen Zellform, der wir die vorstehenden Schilderungen zunächst angepaßt haben, nun ein sehr eigenartiges Bild, welches noch einmal zusammengefaßt skizzirt sein mag. In dem Gehäuse, das, aus Cellulose bestehend, das Aeußere der Zelle darstellt und ihrer Gestalt Dauer verleiht, wohnt ein lebendiges, organisches Individuum, der Zellenleib. Derselbe besteht aus einer schlauchähnlichen, der Wand dicht anliegenden Umhüllung, dem Primordialschlauch, welcher einen mit Saft (dem Zellsaft) angefüllten Innenraum umschließt. Gegen diesen sowohl, wie gegen die Zellwand ist der Schlauch mittels häutchenartiger, festerer Schicht abgegrenzt, während er zwischen den beiden Membranen Theile von allerlei Dichtigkeit, selbst flüssige, enthält. Die verschiedenen Theile des Wandschlauches sind nach allen Richtungen, zumal längs und quer durch den Raum durch Bänder und Fäden gleicher Natur verbunden, welche ebenso durch membranöse Schichten begrenzt, auch innen von solchen durchsetzt, ebenso festere, weichere und flüssige Substanztheile enthalten. Irgendwo hängt im Innenraum zwischen den Bändern oder seitlich am Primordialschlauch ein kernähnliches Gebilde, das wiederum noch ein,

zwei oder einige Körperchen besonderen Ansehens umschließt und außen von den Bändern oder dem Schlauchprotoplasma überzogen und mit einer Sonderhülle begabt wird. Die Grundsubstanz dieses ganzen Protoplasma-Organismus ist glashell durchsichtig, farblos, weich (Hyaloplasma), bald rein, bald von kleinen, dichteren Körperchen (Mikrosomen) durchstreut. Die meist Körnchen haltenden flüssigen Protoplasmatheile (Enchylem) strömen in verschiedenster Bahn durch den Primordialschlauch, die Bänder und die Kernhülle, oft dicht neben einander in entgegengesetzter Richtung in den von den festen Theilen begrenzten Strombetten. Das ganze System aller dieser Glieder ist in steter Verschiebung und Umlagerung begriffen, die Bänder gleiten bald hierhin, bald dorthin, verschwinden im Schlauch, der sie einschließt, und neue entstehen aus ihm. Der Primordialschlauch selbst verschiebt seine Theile, tauscht Substanz mit den Bändern aus, weiche und flüssige, und gleitet wohl selbst nicht nur theilweis, sondern ganz und gar an den Wänden seines Gehäuses umher. Nichts erscheint nach Form und Masse beständig. Selbst der Umriß und das innere Gefüge des Kernes, der vergleichsweise vielleicht in der Zelle das Beständigste ist, bleibt sich demnach nicht gleich. Jeden Augenblick können die Glieder an Zahl und Form wechseln, der Rumpf sich ändern und anders legen, jede Molekelgruppe selbst bald fest zusammenhalten, bald frei auseinander laufen. Dennoch wird dauernd die Gestalt und Individualität des Ganzen sicher gewahrt. „Alles entweicht und nichts besteht."

Wir werden später sehen, wie dies Bild in allen wesentlichen Zügen den einfachsten Zellen des Thierreichs, zumal den als „Infusionsthierchen" frei und einzeln lebenden, durchaus ähnlich ist, viele derselben an künstlicher Gliederung übertrifft. Nur, daß diese Gliederung sich innerhalb des Pflanzenzellgehäuses mehr nach innen in die Leibeshöhle, als nach außen auf die Oberfläche des Leibes ausgestaltet. Doch mögen zu-

nächst diesem charakteristischen Bilde einige andere Erscheinungsformen des Protoplasmaleibes angereiht werden. Schon jetzt aber ist die Einzelwesenheit des Zellenleibes durch Betrachtung der innigen Zusammengehörigkeit seiner Theile, sowie die Einheitlichkeit in allen seinen Bewegungen sicher genug erkennbar geworden. Es empfiehlt sich daher, das scharf ausgeprägt selbständige Auftreten dieses Körpers auch mit einer entsprechenden Abwandlung in seiner Benennung zu bezeichnen und demnach das Protoplasma, den Zellenleib, als morphologische und biologische Persönlichkeit aufgefaßt, „Protoplast" zu nennen.

Nicht immer nun sind die Gliederungen des Zellenleibes so reich und deutlich entwickelt. Zunächst sucht man in vielen Fällen nach den inneren Gliedern, den Bändern und Fäden, vergebens. Nur der Primordialschlauch mit dem irgendwo angehefteten Zellkern ist zu finden, und der ganze Innenraum ist von Saft und sonstigen, nicht unmittelbar zum Protoplasma gehörigen Dingen erfüllt. Wir haben nun Grund, anzunehmen, daß für die Mehrzahl aller pflanzlichen Gewebzellen beiderlei geschilderte Zustände mit einander wechseln. Fehlen also die inneren Bänder, so pflegen auch die körnchenführenden Ströme zu fehlen, und dann auch wohl im Primordialschlauch nicht stattzufinden. So erscheint der einfache, der innern Glieder entbehrende Zustand ein Stand der Ruhe zu sein, in welchen die Zelle tritt, indem sie die Bänder auf Zeit einzieht und den Umtrieb des plasmatischen Binnensaftes oder Enchylems zeitweise vielleicht ganz zum Stillstand bringt. Welche Veranlassung dieß bewirken mag, läßt sich wohl in einigen Fällen vermuthen, im Allgemeinen aber zur Zeit noch nicht feststellen. Wie die phytochemische Arbeit im Zellinnern überhaupt zeitweise verschieden ist an Qualität und Intensität, so mag sie zuweilen ganz ruhen. Und es mögen die Zeiten solcher ruhender oder doch verminderter inneren Arbeitsleistung

sein, welche sich, so zu sagen, durch Abtakeln des inneren Protoplasmanetzwerkes und Stocken des Säfteumlaufs kennzeichnet. Ein anderer derartiger Gegensatz zwischen der Zeit, in der die Zellen sich theilen, und derjenigen, in welcher die daraus hervorgegangenen Jungzellen sich vergrößern und heranwachsen und zwischen den damit verbundenen Orts- und Formänderungen, wird noch weiter unten zu besprechen sein. Auch starke Substanz-Anhäufung im Zellraum verlangsamt alle die plasmatischen Bewegungen, oder macht sie aufhören, vielleicht schon weil es zur freien Bewegung an Raum gebricht. In Zellen, die mit Stärkekörnern, Schleim oder sonstigen Dingen dicht erfüllt sind, oder deren Protoplasma selbst noch eine dichtere und solidere Substanzmasse darstellt, ist keine Strömung wahrzunehmen, ob sie gleich, wie später zu erwähnen, reichliche innere Glieder des Protoplasmasystems besitzen. Aber mag auch weder Strömung von Flüssigkeit mit Körnchen, noch Gliederverschiebung sichtbar sein, so scheint doch eine absolute Ruhe im Protoplasmaleibe nicht stattzufinden, es sei denn vielleicht in Zeiten, in denen die ganze Vegetation überhaupt stillsteht, wie mitten im Winter, und in Zellen, die, dicht mit Metaplasma überfüllt, zeitweise ein nur ganz latentes Leben führen. In allen anderen Fällen ist es dem Verfasser niemals gelungen, sobald er nur genügende Geduld auf die Beobachtung gewandt hat, irgend einen Protoplasmaleib in absoluter Ruhe zu finden. Die in demselben vorhandenen Kleinkörperchen, Chlorophyllkörper, oder sonstigen Einbettungen zeigen, wo man sie auch in Beobachtung nimmt, ein stetiges gegenseitiges Verschieben ihrer Lage. Man darf nur drei oder vier fest in's Auge fassen, um Minute für Minute ihre Constellation geändert zu sehen. Fast unmerklich ist die Bewegung selbst, aber stets bemerkbar ihr Resultat. Ein Beweis, daß die Substanzanordnung selbst im Protoplasma steter Aenderung unterliegt, und ein Symptom aller der feinen Lebensarbeit, die sich

zwischen den feinsten Substanztheilchen fortwährend vollzieht, wie noch unten zu beleuchten sein wird.

So werden denn nun außer den letzterwähnten auch in ganz jugendlichen Zellen, zumal, wenn sie eben in lebhafter Theilung begriffen sind, keine andren, als die hierzu erforderlichen Umlagerungen ihrer Theile bemerkt. Dicht mit zähfester Substanz ausgefüllt erscheinen die kleinen Protoplasten, eng aneinander gedrängt, wie solide Körper. Kaum daß es gelingt, den Zellkern in ihnen wahrzunehmen. Aus diesem Kindheitszustand stellt sich dann jener oben ausführlich in Betracht gezogene Stand vollendeter Gliederung allmählich und in interessanter Weise her. Der Umfang der Zellen wächst; nicht in gleichem Schritte die Masse des Protoplasten. Seine Substanz wird lockerer und tritt hier und dort, kleine Hohlräume bildend („Vacuolen") auseinander, in denen sich Zellsaft sammelt und deren Umgrenzung sich hautartig verdichtet. Immer mehr dehnt sich die Zellwand und mit ihr der ihr anliegende, sie ausbildende Primordialschlauch, der je größer, desto dünner wird und immer deutlicher in die Erscheinung tritt, während er im scheinbar soliden Jugendzustand der Zelle als doppelt begrenzte Umhüllung oft nicht nachweisbar ist. Die dickern und dichtern, zwischen den Vacuolen, die an Raum zunehmen, gelagerten Protoplasmamassen werden gereckt und schrumpfen zu schwachen Scheidewänden, welche nur eben noch die Safträume zu trennen im Stande sind. Nun können sie, stärker gedehnt, auch das nicht mehr, sondern zerschleißen in die schmalen Bänder und dünnen Fäden, die noch von Wand zu Wand reichen oder unter einander netzartig verknüpft geblieben sind, und zwischen denen die einzelnen Safträume mit ihrem Inhalt nun zum gemeinschaftlichen, safterfüllten Zellraum zusammenfließen. Dabei löst auch der Kern in seinem Beutel sich freier aus dem Uebrigen heraus. Indem gleichzeitig die Bewegsamkeit aller Glieder und ihres Inhaltes zu-

nimmt, gestaltet sich allmählich aus der Anfangsform das richtige Bild der fertigen Zelle wieder hervor. Bei schneller Entstehung vieler kleiner Safträumchen erlangt sogar das Protoplasma nicht selten zeitweise ein schaumartiges Ansehen.

Ganz in entgegengesetzter Weise verhalten sich nun solcherlei Zellen, welche statt eng zwischen einander gedrängt und in Wände gezwängt sich im Gegentheil frei und wandlos ganz der Ausübung ihres Bewegungs- und Gestaltungstalentes überlassen können. Man glaube nicht, daß das seltene Vorkommnisse im Pflanzenleben sind. Im Gegentheil giebt es bei allen Pflanzenarten der ganzen Kryptogamenwelt nicht nur zahlreiche, der Fortpflanzung dienende Zellen, welche zeitweise nackt und wandlos im Wasser umherschwimmen, sondern es giebt auch Zellenleiber, die selbst lange Zeit immer so fort vegetiren, ohne sich eine Cellulosewand zur Zufluchtsstätte zu verfertigen. In Flüssigkeiten organischen Gehaltes leben einzeln, oder gesellig vereint, jene sehr kleinen, nackten Zellen, die neuerdings unter dem Namen der Bacterien als Schmarotzer, Räuber, Giftmischer und Bösewichter jeden Rangs einen so traurigen Ruhm erlangt haben, — ob ganz nach Verdienst, darf uns hier nicht beschäftigen. Einfachster Bildung lassen die kleinsten von ihnen bei unsern heutigen Sehkräften weder innere Gliederungen noch eine deutliche Haut erkennen. Sie reihen sich aber zum Theil durch Theilung zu gegliederten Fäden oder erscheinen selbst als ungegliederte, äußerst feine und zarte Fasergebilde. Viele von ihnen haben eine bald schnelle bald träge eigene Bewegung. Andere sind zu schraubigen oder verschlungenen Ketten verbunden. (Holzschn. 2, Fig. 8).

Viel vornehmer sind die grünen, einzellebigen Zellen mancher einfacher Algen, die bald blos in ihrem schwärmenden Sporen-(Samen-)Zustand, bald für längere Zeit so vegetiren. Dann bildet der Zellenleib einen fast oder ganz soliden Protoplasmakörper von rundlicher, eiartiger, birnförmiger

Form, der nur in manchen Fällen gewisse veränderliche Safträumchen einschließt. Mikrosomen, Chlorophyllkörper, oft auch Stärkekörner, Oeltröpfchen, Krystalle u. dgl. liegen dicht gedrängt in das Protoplasma, welches die solide Grundmasse bildet, eingebettet. Auch hier erscheint vom Primordialschlauch oft nur die Grenze nach außen deutlich. Nur an einem, oft spitz vorgezogenen Ende bleibt diese Grundsubstanz frei von solchen Einlagerungen und tritt als klares Köpfchen oder Schnäbelchen über den grünen, körnigen Rumpf hervor. Das Köpfchen streckt zwei oder mehr fühlerartig gestaltete, zarte Protoplasmafäden hervor, welche genau so gebildete äußere Glieder des Protoplasten sind, wie jene beschriebenen innern Bänder und Fäden. Nur sind sie in dem hier erwähnten Fall meist frei von Kleinkörperchen. Diese äußeren Fäden („Wimpern, Cilien, Flagellen" u. s. w. genannt) sind nicht nur ebenso bewegsam, wie die innern, sondern von viel größerer Energie und Schnelligkeit der Bewegung. In gewisser Regelmäßigkeit zur Seite schlagend oder im Kreise wirbelnd bewegen sie gleich Rudern das kleine lebendige Fahrzeug oft mit großer Geschwindigkeit durch das Wasser fort. Die schwimmenden freien Zellen besitzen dann während ihrer Wanderzeit zuweilen am Kopfende einen scharlachrothen Punkt, der dem sogenannten Augenpunkt gewisser Infusionsthierchen auffallend ähnlich ist. Kommt die nackte Protoplasmazelle dann zur Ruhe, so werden die Cilien, wie sie anfangs aus dem Leibe ausgesondert waren, von demselben zurückgenommen, auch der rothe Punkt hört meist auf, sichtbar zu sein[1]). Der Kopf sinkt ebenfalls in den Rumpf zurück, oder heftet sich auf irgend einer Unterlage als nunmehriges Fußende des Protoplasten an, während dieser, des

[1]) Ob dieselben, wie angegeben wird, in einzelnen Fällen abfallen, dürfte bezweifelt werden können, weil es dem anderen Benehmen des Protoplasmas nicht entspricht.

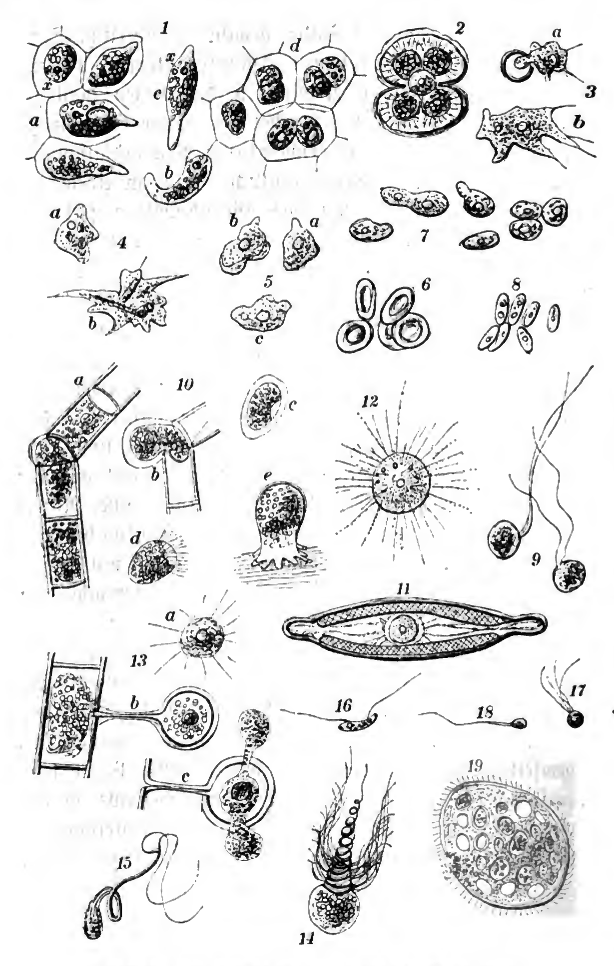


Fig. 2. Eine Auswahl von frei und einzeln lebenden Zellen.

Umherfahrens satt, sich zur Ruhe setzt und zu soliderem Haushaltbetriebe sich nunmehr ein festes Gehäuse aus Cellulose erbaut. (Holzschn. 2, Fig. 1).

Solcher Zellchen bedienen sich die Wasserkryptogamen großentheils als Vermehrungskörper, die ohne Weiteres, nachdem sie sich auf erwähnte Art angesiedelt haben, ein der mütterlichen Form gleichendes Neuwesen gründen und ausgestalten. Dieselben treten in sehr verschiedener Form, Größe und Zahl aus dem mütterlichen Zellhause hervor, wie noch zu erörtern sein wird.

Doch auch die männlichen, der Befruchtung dienenden Körper, die man ihrer Bewegsamkeit halber „Samenthierchen“ (Spermatozoïdien, Zoospermien, Spermatien u. s. w.) genannt hat, werden in ähnlicher Form hergerichtet und zum Zweck der Aufsuchung der im weiblichen Organe vorgebildeten Eizelle ausgeschickt. Doch sind dieselben der Regel nach viel kleiner als jene Schwärmsporen, nicht grün und von sehr verschiedener Gestalt. Von einfacher Stäbchen- oder Keilform gehen sie durch eiförmige und rundliche Bildungen zu der von langen, schraubenartig gewundenen Fäden über, deren vollkommenste mit zahlreichen Rudercilien an ihren vielen Windungen besetzt erscheinen und sehr muntere und zierliche Körperchen darstellen,

---

Erklärung der nebenstehenden Abbildung.

1. Grüne Euglenen, alle mit Chlorophyllkörpern erfüllt und die meisten mit rothem Körperchen, x, und einige mit Hohlräumchen versehen; a im Ausschlüpfen, b in beginnender, c in schneller Fortbewegung, d wieder angesiedelt und in Theilung. — 2. ein Cosmarium, ebenfalls grün; beide Formen leben frei im Wasser. — 3. Pflanzliche Amöben; a im Ausschlüpfen, b fortkriechend. — 4. Thierische Amöben in Bewegung, b mit aufgenommenen Nahrungskörpern. — 5. Weiße, 6. rothe Blutkörperchen. — 7. Hefezellen. — 8. Bacterien von größerer Form. — 9. Schwärmsporen von Coleochäte, 10. von Oedogonium (beides Süßwasser-Algen), a u. b im Ausschlüpfen aus der Mutterzelle, c in beginnender, d in freier Bewegung, e im Ansiedeln. — 11. Eine Bacillaria mit Kieselhülle. — 12. Eine Actinophrys. — 13. Vampyrella, a schwimmend, b im Begriff eine Oedogonienzelle, die sie angebohrt hat, auszusaugen, c ausgewachsen, mit Zellstoffhülle und mit zertheiltem Protoplasmaleib, von dem zwei Theile eben durch Oeffnungen der Hülle als nackte Junge austreten. — 14. Pflanzliche männliche Befruchtungszelle (Spermatozoid) von einem amphibischen Farne (Marsilia), 15. von einem Moos, 16. von einem Tang, 17. von einer Conferve. — 18. Thierisches Spermatozoid. — 19. Ein Paramaecium (Infusionsthier) mit Nahrungsfädchen im Protoplasma (Sarkode) im Innern und Wimpern auf der Oberfläche. — Die Formen 3—6, 8, 12, 14—18 leben als nackte Protoplasten, die Formen 2, 7, 11 besitzen stets gesonderte Hüllen, die Formen 1, 9, 10, 13 sind theilweis nackt, theilweis eingehüllt. — No. 2, 3, 7, 10, 14—18 sind pflanzlicher, 4, 5, 6, 12, 18, 19 thierischer Natur, die Formen 1, 11, 13 zeigen bald thierische, bald pflanzliche Eigenschaften. — Alle sehr stark vergrößert.

wie z. B. bei den sogenannten Wasserfarnen (Marsilia, Pilularia, Salvinia). Auch viele Wimpern, rings um einen kugelförmigen Körper im Kreise geordnet oder ganz über seine Oberfläche vertheilt, werden gefunden. Dagegen aber giebt es auch ganz wimperlose, deßhalb der freien Bewegsamkeit entbehrende Knospenzellen sowohl als Zoospermien (Fig. 14—18).

Es giebt aber auch mit Wimpern und Ortsbewegung begabte grüne Zellen, welche es vorziehen, in Bekleidung mit ihrer Zellwand herumzuschwärmen. Sie thun dies theils einzeln (Fig. 2), theils familienweise beisammen. Alsdann bewohnen die Tochterzellen gemeinschaftlich, oft in sehr regelmäßig zierlicher Anordnung, die ehemalige Hülle ihrer Mutterzelle, aus der sie durch Theilung hervorgegangen sind, und fahren darin, ihre Cilien gleich Rudern hinausstreckend, wie in einem sicheren Fahrzeug umher (die sogenannten Kugelthierchen oder Volvocinen). Räthselhaft endlich ist die Bewegung gewisser kleiner, weit verbreiteter, sehr fein ausgestalteter Einzelzellen, welche mit glasartigen Kieselpanzern umgeben sind. Dieselben kriechen oder schwimmen, und da kleinere Körperchen, welche ihre Oberfläche zufällig berühren, längs derselben hinbewegt werden, so glaubt man annehmen zu sollen, daß eine feine Protoplasmaleiste vielleicht außerhalb ihren Panzer längs umzieht, und wie die Kriechsohle der Schnecke benutzt wird (Bacillariaceen). Diese Geschöpfchen bilden einen großen Theil der in süßen und salzigen Gewässern lebenden mikroskopischen Organismen (Fig. 11).

Endlich giebt es in Gräben und Pfützen häufig gesellschaftlich lebende „Wasserfäden" von meist blaugrüner Farbe („Oscillarien"), welche aus cylindrischen Zellreihen zusammengesetzt und mit dichterer, schleimiger Hülle umgeben, eine schraubige Schwimmbewegung bemerken lassen. Dieselbe scheinen sie laut neuesten Beobachtungen ebenfalls durch ein schraubig gewickeltes, äußeres Protoplasmaband auszuführen,

das vielleicht alle Zellen des Cylinderfadens gemeinschaftlich überläuft.

Dann endlich treten wiederum ganz andere Protoplasten nackt und beweglich und von abenteuerlicher Bildung in einer ganz besonderen Familie des Pflanzenreiches und zwar des Pilzgebietes auf, die vor allen geeignet sind, gewisse Züge protoplasmatischer und phytoplastischer Lebensthätigkeit zu illustriren. Wir meinen die Schleimpilze (Myxomyceten), so genannt, weil sie während ihrer Vegetationszeit in der That oft nur wie Schleim- oder Gallertklümpchen auszusehen pflegen (F. 3). Aus ihren Sporen (Fortpflanzungszellen) entschlüpfen die Protoplasten nackt und in ganz absonderlicher Beweglichkeit. Ihre Leiber kriechen mit Geschwindigkeit auf feuchtem Boden herum, jeden Augenblick in anderer Gestalt. Bald rund, bald gestreckt, eckig, sternförmig, strecken sie überall hin beliebig viel, beliebig gestaltete, schmiegsame Fortsätze aus, theils dick wie Arme, theils zart wie Flagellen. Im Innern dagegen erscheinen sie von meist solider Substanz mit Kern und Kleinkörperchen, und sind trotz aller Schmiegsamkeit und Formveränderlichkeit gegen die Umgebung so wohl abgeschlossen, daß ihnen der Besitz membranähnlicher Umhüllung nicht bestritten werden kann. Wie diese sonderbaren Kriechschwämme nach und nach zu zweien und mehreren zusammentreffen und mit einander verschmelzend immer größere und massigere Protoplasmakörper (in diesem Fall passend „Plasmodien" genannt, im Allgemeinen bequem als „Symplasten" zu bezeichnen) herausbilden, wird später zu erörtern sein. Holzschn. 4, Fig. 2). Das Verhalten dieser Plasmodien indessen wird während des Heranwachsens immer mannigfaltiger. Strangförmig wachsen sie in einer Richtung voran, treiben seitwärts Aeste aus, lassen diese mit einander, wo sie sich treffen, verschmelzen, recken feine Fortsätze aus, bis zu Wimperfeinheit hinab, in welchem Falle man solche dann Pseudopodien nennt, verflechten die Auszweigungen zu immer reicheren Netzen,

Schnüren, Büscheln, bilden endlich ganze, massive Klümpchen von allen Größen bis zu faust- und kopfgroßen Massen hinan. Aber auch wieder zurückzuziehen vermögen sie die Fortsätze aller Art, und ebenso können sie die Substanz ihres zurückgebliebenen Endes nach sich ziehen und die durchwachsene Bahn verlassen, als ob sie nicht vorwärts wüchsen, sondern kröchen. Wo sie einen Theil ihres Körpers wieder einziehen, bleibt eine schleimige Spur zurück, wie auf dem Pfade einer Schnecke, irgend ein Rest des oberflächlichen Häutchens ihres Primordialschlauches oder ein Sekret desselben. Im Innern ihrer Zweige laufen die Mikrosomenströme, wie in jedem andern Protoplasmastrange, hier- und dorthin, einander entgegen, oft in gewaltiger Massenhaftigkeit. Sie fluthen dorthin, wo ein Plasmodiumscheitel oder ein Zweig im Auswachsen begriffen ist, und ebben rückwärts, wo irgend eine Aussprossung wieder zurückgezogen werden soll. Sie überkriechen kleine Gegenstände, umfassen sie und lassen sie in's Innere ihrer weichen oder fließenden Masse gelangen und mitfließen, als ob sie dieselben gefressen hätten und nun verdauen wollten. So sind diese zuletzt riesengroßen Plasma-Individuen Beispiele vollendeter Bewegsamkeit. Denn durch Verwachsen und Hintennachziehen der vitalen Substanz ahmen sie selbst das Kriechen der Thiere nach. Man sieht sie so dem Lichte entfliehen oder nachlaufen, über große Flächen wegschleichen, selbst die Stengel anderer Gewächse kühn erklettern, bis sie endlich, des Wanderlebens müde, haften bleiben und für Nachkommenschaft sorgen. Und doch erscheinen sie dem bloßen menschlichen Auge, wie gesagt, oft nur wie Klümpchen oder Fäden formloser Gallerte.

Diese Geschöpfe nun sind besonders im Zustand der jüngeren Kriechschwärmer der Infusorienform Amoeba so vollkommen ähnlich, daß sie nur vermöge ihres weiteren Entwickelungsganges davon zu unterscheiden sind (2, 4). Andererseits sind sie nichts weiter als alle übrigen Protoplasten, nur daß sie ihre

Glieder nach außen senden und innen noch vergleichsweise solid bleiben, während die umschalten Protoplasten außen glatt und innen mit Fortsätzen und Gliedern verschiedener Form begabt sind. Aber die Plasmodienzweige und Pseudopodien sind dennoch nichts als die inneren, anderen Protoplasmabänder; selbst die Körnchenbewegung der feinsten Pseudopodien findet in der der feinsten Innenfäden ihr unterschiedloses Gegenbild. Die Amoebe, thierische oder pflanzliche, ist ein frei im Wasser oder in feuchter Umgebung kriechender Protoplast mit äußerer Ausgliederung. Der Zellenleib in seiner Cellulosebehausung ist eine eingekerkerte Amoebe, die ihre Gestaltsamkeit und Bewegsamkeit im Innern bethätigt. Was die Plasmodien selbst in complicirterem Aufbau draußen thun, ist nichts weiter, als was die Protoplasten innerhalb des Zellraumes ausführen. Denn selbst pseudopodien- und cilienartige Fortsätze werden auch im Zellinnern gebildet.

Und damit ist der erste Beweis erbracht, daß thierische und pflanzliche Zellindividuen einander vollkommen äquivalent, in gewisser Hinsicht sogar identische Gebilde sind. Ursprünglich von gleicher stofflicher Zusammensetzung und gleicher virtueller Begabung, zeigen sie gleiche Befähigung, sich zu bewegen und fortzubilden, bleiben als einzellebige Protoplasten — die man passend in diesem Zustand Monoplasten heißen kann — einander vielfach ähnlich. In ihren vollkommenen Genossenschaften, wo sie große, künstliche Bauwerke aufführen und complicirte gesellschaftliche Verhältnisse eingehen, nehmen sie dann freilich ihre besonderen Entwickelungswege.

Wir haben dabei die erstaunliche Befähigung des Protoplasmas kennen gelernt, jeden Augenblick alle Theile seiner Körperlichkeit innen wie außen jeder beliebigen Gestaltveränderung zu unterwerfen. Dies alles ist eben nur unter der Annahme zu verstehen, daß, wie schon oben gesagt, die Mo-

leketn oder Molekelgruppen des Protoplastins jede beliebige Verschiebung neben einander ausführen, um dabei ebenso allezeit dichter zusammen oder weiter auseinander treten zu können. Wir werden der Mechanik dieser Erscheinung noch näher zu treten haben. Vielfach hat man diese, aus inneren Kräftequellen selbständig vollzogene, vollkommene Bildsamkeit (Plasticität) mit dem im ähnlichen Sinne schon sonst gebrauchten Wort „Contractilität" bezeichnen zu können gemeint, dem man dann die Bedeutung selbstthätiger Dehnsamkeit und Zusammenziehbarkeit beilegte. Doch trifft die Wortbedeutung diese ganze, so charakteristische „Selbstgestaltsamkeit" (Autoplastik) des Zellenleibes nicht erschöpfend, nicht einmal richtig.

Damit sind die Grundzüge der individuellen Bildung und Befähigung des lebendigen Zellenleibes nach ihren wesentlichsten Erscheinungsformen, zumal ihrer feinen inneren und gröberen, äußeren Bewegsamkeit skizzirt. Auf ausführliche Einzelschilderung müssen wir verzichten. Es handelt sich nun darum, was das Protoplasma als selbständiger Organismus inner- und außerhalb seiner Leibesgrenzen noch sonst für Arbeit macht und wie es diese eben zu Stande bringt.

6. Gestaltende Thätigkeit des Protoplasten nach außen und innen.

Es ist kurz erwähnt, wie der schwimmende grüne Monoplast, Schwärmspore geheißen, endlich einen Ruhepunkt sucht, sich mit seinem Kopfende darauf festhaftet und dann beginnt, den weichen, empfindlichen Protoplasmaleib mit einem derberen Schutzkleide von Zellstoff zu umhüllen. Was wir über die genauere Ausführungsart dieser ersten Aufgabe für ein seßhaftes Leben des bis dahin nackt schwärmenden Zellindividuums wissen, beschränkt sich auf das, was wir unter unserem mikroskopisch bewaffneten Auge sich thatsächlich vollziehen sehen. Für die Schwärmperiode genügt dem Protoplasten die äußerst zarte, der Regel nach von Kleinkörperchen freie Hyaloplasmahaut, die äußere membranartige Schicht des Protoplasmaleibes, welche hier alles darstellt, was vom Primordialschlauch wahrnehmbar ist, und sich doch für sich allein fast der Sichtbarkeit entzieht. Die festhaftende Zelle läßt dieselbe oft in kürzester Frist in die Dicke wachsen, so daß sie für das betrachtende Auge nunmehr zu doppelt umrissener Schicht erbreitert erscheint. Bald läßt sich dann ihre chemische Natur durch Reagentien als vom Protoplastin verschieden erkennen. Sie besteht aus Zellstoff, welcher seinen Ursprung eben aus dem metaplasmatischen Substanzvorrath, den der Protoplast in

seinem Inneren mitschleppt und durch seine Primordialhaut ausgeschieden und gefügt hat, herleiten kann. Das neue Zellstoffkleid, das der Protoplast angethan, ist eben sein eignes Fabrikat.

Bevor die Ausarbeitung der Zellumwandung in die Dicke weiter geführt wird, handelt es sich für jede Zelle, die sich neu constituirt hat, — sei es auf die eben beschriebene, oder auf andere, später zu erörternde Weise, — zunächst um fernere Ausbildung der Form, welche für die ihr persönlich zufallende Leistung an vitaler Arbeit die passende ist. Die Mehrzahl der jugendlichen Zellen entsteht in einer der Kugel oder dem Würfel ähnlichen, oder in sonstiger polyedrischer Form mit nahezu gleichen Durchmessern nach allen Richtungen (als „isodiametrische oder gleichdurchmessene"). Nur ein kleiner Theil behält diese bei. Die Mehrzahl wächst nach einer oder zwei Richtungen des Raumes stärker aus, als nach den zwei oder der einen andern, d. h. die meisten Zellen werden kurz oder lang prismatisch, röhrenförmig, selbst faserförmig oder aber tafelförmig flach. Diese Form wird nach und nach durch Flächenvergrößerung der Cellulosewand in dieser oder jener Richtung gewonnen. Endlich wird ein Zustand des Erwachsenseins erreicht. Nun wissen wir, daß in allen Fällen, wo noch irgend eine Vergrößerung oder Formwandlung einer Zelle stattfindet, dieselbe in ihrem Raum noch einen lebendigen Protoplasten beherbergt, dessen Außenschlauch der Wand innig angelagert ist. Wo aber ein solcher sicher fehlt und das Zellhaus leer ist, wird auch niemals irgend eine Gestalt- oder Größenänderung von derselben mehr beobachtet, es sei denn, es träfe sie von außen irgendwoher ein gewaltsamer Druck oder Zug, dem sie machtlos nachgeben muß. So können wir nur annehmen, daß auch alle diese Gestaltungsvorgänge directe Arbeiten des Protoplasten sind, die zunächst mittelst des Außenschlauches ausgeführt werden.

Es ist nicht der Ort hier, alle die hunderterlei Formen zu schildern, zu denen der Zellenleib sein Gehäuse ausbauen kann, damit es entweder allein bestehe und ihn in seiner Haushaltführung schütze, oder im größeren, vielzelligen Gewebe sich an seinem Ort und zu seiner Bestimmung passend zwischen die Genossen füge. Die plastische Kunst des Protoplasmas ist schon in dieser Richtung unbegrenzt. Jede Art von wie immer geformten und geordneten festen Werkstücken oder zierlichen Ornamenten muß hergerichtet werden. Die menschliche Phantasie dürfte lange nach irgend einer Form von Quadern, Pfosten, Sparren, Brettern, Stangen, von Haken und Ankern, von Bällen, Säcken, Schläuchen und Röhren, von Gittern oder Netzen, von Geflecht und Getäfel, von Spitzen, Zacken und Vorsprüngen suchen, die nicht das kunstreiche und geschäftige Protoplasma an irgend einem Ort der organischen Welt ausgeführt und passend verwendet hätte. Doch ist eben dies der Gegenstand der vergleichenden Gewebelehre des Thier- und Pflanzenleibes.

Selbst die absolute Größe der Zellen schwankt zwischen sehr weiten Grenzen. Die kleinsten erreichen nicht den tausendsten Theil eines Millimeters, die längsten Schlauchzellen können viele Centimeter, selbst einige Decimeter lang werden, wie z. B. die Pollenschläuche gewisser Blumen.

Um aber all das in richtiger Form und zweckdienlicher Stärke herzustellen, genügt es nicht, die ursprüngliche, einfache Zellstoffhülle hier- und dorthin nach Länge und Quere zu strecken oder auszuweiten. Es muß eben auch zur Herrichtung haltbarer und widerstandskräftiger Baustücke dieser Wandung eine beliebige Stärke mitgetheilt werden können. Dies findet sich dann unter gleichen Bedingungen wie die übrigen Veränderungen nur bei Gegenwart lebenskräftigen Protoplasmas in's Werk gesetzt und muß daher ebenfalls lediglich der productiven und constructiven Thätigkeit dieses Körpers zugerechnet werden.

Die Wandverdickungen zeigen ähnliche Mannigfaltigkeit als die anderen Formwandlungen (**3**; 2a, 3, 6). Gewöhnlich

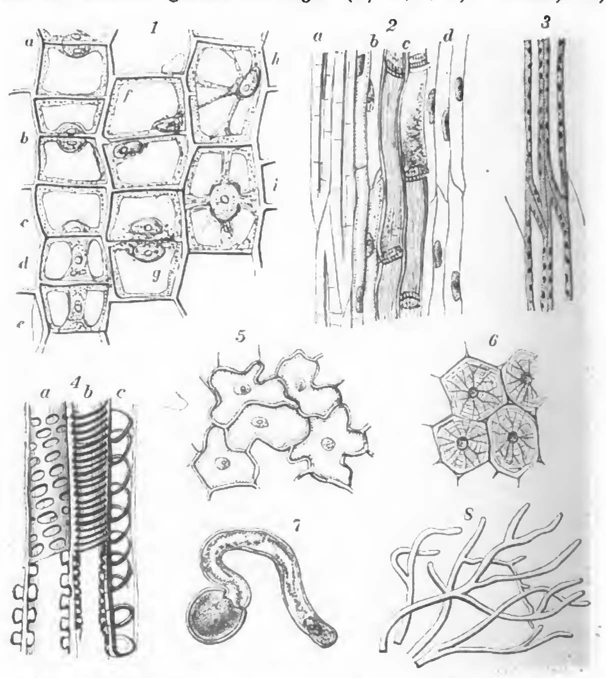


Fig. 3. Verschiedene Formen von pflanzlichen Zellgeweben: 1. Parenchymzellen in verschiedenen Zuständen vor und nach der Theilung; bei a, b, c sind die Zellkerne in Ruhestellung, bei d, e, f auf der Rückwanderung in dieselbe nach der Theilung, bei g unmittelbar nach der Theilung, bei h in Hinbewegung zur Mitte, in i dort angelangt, unmittelbar vor Beginn der Theilung dargestellt. — 2. Hart- und Weichbast, a u. b, letzterer mit Siebröhren c; daneben Cambiumzellen, d. — 3. Holzfaserzellen. — 4. Holzgefäße, a getüpfeltes, b Spiralgefäß, c ähnliches mit lockerer gewickelter Leiste, die sich unten in Ringe zerlegt hat. — 7. Pollenschlauch, aus seiner Hülle herausgewachsen. — 8. Die Hyphen oder Fadenzellen, die das Pilzgewebe ausmachen.

treten sie ein, wenn das erforderliche Größenmaß der stärker zu machenden Zelle ungefähr erreicht ist. Es wird dann bei bleibendem Umfang neue Zellstoffmasse zur alten gehäuft, und

die Wand nimmt nun in der Richtung des Radius an Dicke zu, statt in Richtung der Flächenausdehnung gedehnt zu werden. Die Verdickung tritt der Regel nach, sobald sie erheblicher wird, in Form von Schichtungen auf, die übereinander oder besser ineinander gelagert erscheinen. Je mehr derselben auftreten, desto mehr wird der Zellraum (Lumen) beengt und der Protoplast muß sich entsprechend zusammenziehen. So kann die Verdickung an Zellen verschiedener Form bis zu fast gänzlicher Erfüllung des Zellinnern mit Zellstoff fortschreiten, in welchem Falle dann der Protoplast abmagert und endlich auf eine sehr geringe Körpermasse zusammenschwindet. Ob er in den am stärksten verdickten alten Zellen, z. B. vielen Bast-, Knorpel- und Steinzellen zuletzt nur noch als abgestorbener Substanzrest oder auch wohl gar nicht mehr vorhanden ist, während die Protoplasten der benachbarten, mit weniger dicken Wandungen ausgestatteten Zellen noch lebensthätig sind, steht noch nicht genügend fest. Man könnte meinen, der Protoplast der stark verdickten Zellen sarge sich eben durch die allzudicke Umwandung bei lebendigem Leibe selber ein und mache sich selbst sein eignes Weiterleben durch Erschweren und Abschneiden der stofflichen Zufuhr von außenher unmöglich. Allein es finden sich gerade in allen sehr dicken Zellwänden Einrichtungen, die vielleicht als Verkehrserleichterungen für den Zellenleib durch die Wand hin aufzufassen sind. Es werden nämlich die Schichten von Zellstoff, welche nach und nach die ursprüngliche, einfache, äußerste Zellhaut zu dickerer Wand verstärken, niemals so in ununterbrochenem Zusammenhang angelegt, wie diese erste und älteste. Vielmehr bleiben meist schon in der ersten Verdickungsschicht Lücken oder „Poren“, mittelst deren dieselbe, für sich betrachtet, siebartig durchbrochen erscheint. Jede fernere Schicht läßt dieselben Fensterchen offen, und so addiren sich diese siebartigen Löcher aller Schichten zu immer längeren Kanälen („Porenkanälen“),

welche nun durch alle hin sich bis in das vom Protoplasma bewohnte innere Kämmerlein fortsetzen. Wenn nun auch in den meisten Fällen die äußere („primäre") Zellwand über diesen Röhrchen oder Kanälchen der Regel nach geschlossen verharrt, so bleiben doch immer die Verkehrswege bis dahin offen, und dem Protoplasma und dessen Erzeugnissen oder Zufuhren unmittelbar zugänglich. Dies wird um so annehmbarer, als die Porenkanäle je zweier, mit ihren Wänden zusammenliegender Zellen stets in ihrer Richtung aufeinanderstoßen, und dann eigentlich einen einzigen Kanal bilden, der, von Zellraum zu Zellraum die beiderseitigen Wandverdickungsmassen durchsetzend, nur durch die primären Wände der beiden Zellen gleichwie durch Schleusenthore in der Mitte gesperrt ist. Daß zu noch besserem Verkehr auch diese Schleusenthore noch geöffnet werden können, wird später noch zu erwähnen sein. Da nun die Poren oder Porenkanäle in Zahl, Anordnung, Verlauf und Querschnitt überaus verschieden auftreten können, so tragen sie nicht wenig zu der bunten Verschiedenheit der Zell- und Gewebeformen bei. Erwähnt sei dann zunächst nur, daß die beliebteste Anordnung derselben die der Schraubenlinie ist, welche die Wandung in engeren oder weiteren Windungen umläuft. Und dazu kommt, daß in vielen Zellen der erste Anfang eines Porenkanals, also die Oeffnung in der äußersten Verdickungsschicht nächst der primären Zellwand, viel weiter ist, als der Kanal selbst, und indem er sich zu diesem verengt, einen fast abgeschlossenen Raum, ein Höfchen im Innern der Zellwand veranlaßt. Man nennt wohl die mit solchen Höfchen versehenen Poren „Tüpfel", oder „behöfte Tüpfel", die Höfchen selbst auch „Tüpfelräume" (**3**; 4a).

Außer der gleichmäßig geschichteten Verdickung der Zellwand werden nicht selten auch noch örtlich beschränkte Verstärkungen derselben in Form von mancherlei Vorsprüngen, Zapfen und Leisten angebracht, sowohl nach dem innern Raum

zu, als auch nach außen hinaus vorragend, was besonders bei oberflächlich den Pflanzenkörper begrenzenden Zellen vorkommt. Dergleichen innere, räumlich beschränkte Leistenbildungen werden schon dort erscheinen, wo die eben geschilderten Tüpfel sich zu seitlichen Spalten ausdehnen, und endlich ganz zusammenfließen. Dann bilden sie gern Furchen, die in schraubiger Richtung die innere Fläche der Zellwand umlaufen, und zwischen denen die Verdickungsmasse der Wand lediglich auf eine ebenso schraubenartig verlaufende Verstärkungsleiste beschränkt ist. Ja es werden dann sehr häufig solche Leisten durch sehr breite Furchen oder besser Bänder unverdickter Zellwand von einander getrennt. Diese Gestaltungsweisen lassen dann die Schraubenverdickungen der sogenannten Spiralzellen- und Spiralgefäße, der Ringgefäße u. s. w. in die Erscheinung treten, welche für sich und in ihren Uebergängen zu den mit anders gestalteten und angeordneten Tüpfelungen versehenen Zellen wiederum eine sehr reiche Auswahl zierlicher Bildungen darbieten (**3**; 4b, c).

Zu dieser räumlichen Plastik, mittels welcher der protoplastische Bewohner seine Behausung befestigt und mit innerer und äußerer Reliefbildung ziert, kommen nicht minder mannigfaltige feine stoffliche Differenzirungen dieser Wandverdickungen. Zunächst weisen die aufeinander liegend unterscheidbaren Schichtungen selbst auf solche feinere Unterschiede hin. Denn nicht etwa verschiedene, gesondert übereinander liegende Häute sind es, welche diese Bildung ausmachen, wie mehrere Kleider, die man übereinander zieht, oder wie Tapeten, die man nach einander gegen eine Wand klebt. Vielmehr ist und bleibt die Wandmasse eine einheitliche und innig zusammenhängende, und wird nur durch ungleich starke Aufnahme von Wasser in dichte und weniger dichte, d. h. wasserärmere und wasserreichere Lagen gesondert. Nur diese Sonderung ruft den Anblick scheinbar aufeinandergelegter Hautblätter hervor.

Und es kann dabei selbst der Wasserreichthum einzelner Wandschichten so zunehmen, daß sich die Cohäsion der Zellstofftheile lockert und sie aus dem haltbar festen ganz und gar in den geschmeidig schleimigen übergehen, und endlich selbst zerfließen.

Damit kann dann aber auch ohne Weiteres zugleich die Aufnahme von manchen, dem Zellstoff fremden Stoffen bewirkt werden, welche ebensowohl die chemische Natur der ganzen Wandungsmasse, als einzelner Lagen oder Felder derselben umändern können. Und so finden sich vielerlei Zellen, bei denen äußere und innere Schichten stofflich verschieden verändert, bald, wie man sagt, verholzt, bald verkorkt, bald in Gummi und dgl. verwandelt erscheinen.

Wie die rein mechanisch aussehenden, so müssen wir auch diese mehr chemischen Leistungen dem Protoplasma zuschreiben, und würden sicher den dazu erforderlichen stofflichen Aufwand im Ausgabe-Conto der Wirthschaftsführung desselben genau wiederfinden, wenn wir dies nur erst so fein zu lesen verständen.

Alle bisher erörterte Protoplasmaleistung findet, von dem Zellenleib aus betrachtet, in der Richtung nach außen, gegen die Wand oder durch deren Masse statt, so daß der Außenschlauch desselben dabei als ausübendes Organ zunächst betheiligt erscheint. Nun werden aber im Innenraum nicht minder allerlei Arbeiten vorgenommen, deren Erzeugnisse mehr oder weniger in die Augen fallen. Der Ernährungsgang und die Formentwickelung der Einzelzelle sowohl als des ganzen Pflanzenstocks, dem sie angehört, erheischen häufige Herstellung von allerlei chemischen Verbindungen im Zellinnern, die bald flüssig im Wasser gelöst den Zellsaft bilden, bald als unlöslich darin ausgeschieden, wie z. B. Oeltröpfchen, bald als feste Körper in ihm niedergelegt erscheinen. Die letzteren, die am meisten in die Augen fallen, sind entweder dauernde Ausscheidungen, oder auf Zeit deponirte, später wieder in Umtrieb zu setzende Substanzen.

Da es sich hier nicht um erschöpfende Aufzählung aller dieser Vorkommnisse, sondern nur um einige anschauliche Beispiele handelt, so genüge es, als ein solches erster Art die Krystalle von kleesaurem Kalk, als der zweiten zugehörig, z. B. die Stärkemehl- (Amylum) und die Klebermehlkörner (Aleuron) anzuführen. Sowohl die festen als viele der flüssigen Inhaltskörper müssen lediglich als Erzeugnisse der chemischen und plastischen Thätigkeit des Protoplasten aufgefaßt werden, da sie von außerhalb her in dieser Form von der Pflanze nachweislich nicht aufgenommen werden können. Und es wird dies um so anschaulicher, wenn man wahrnimmt, daß die dem Auge unterscheidbaren Substanzen sichtlich nur in Berührung mit den Gliedern des Zellenleibes entstehen und zumal die festen — vermuthlich ausnahmslos — in besonderen Täschchen des Protoplasmas ausgebildet werden. (Vgl. Holzschn. 5; Fig. 14).

Nicht allein die Gegenwart eines lebendigen Protoplasten innerhalb der Zellwandung überhaupt, sondern auch die unmittelbare Berührung mit seinen Theilen scheint die unerläßliche Bedingung für Entstehung der in der Zelle vorkommenden gestalteten und zumal der organisirten Theile zu sein. Und was besonders die Stärkekörperchen betrifft, so zeigen diese ein so künstliches, dem der verdickten Zellwand ähnliches Gefüge ihrer Massentheilchen, daß schon dies für die sorgfältigste Herstellung durch — man möchte sagen — unmittelbare Handarbeit des Protoplasten selbst Zeugniß ablegt.

Das Haus baut sich der Protoplast, befestigt es, tapezirt es nach Bedürfniß aus und bereitet darinnen die nöthigen Vorräthe, die er aus seinem Besitzthum an Zellsaft darstellt. Daß er es aber auch selber sei, der die Aufnahme und Auswahl der erforderlichen Rohmaterialien als Nahrungsmittel für Arbeit allein besorgt, wird noch weiter unten besser in's Licht zu setzen sein. Hier sei nunmehr zunächst noch ein Blick

auf einige, scheinbar entgegengesetzte Verrichtungen geworfen, welche der Zellenleib auszuführen sich auch selber genöthigt sieht.

7. Lösung der Wand. Vereinigung der Zellenleiber.

Der Aufbau eines größeren Organismus aus feinen Tausenden von Einzelzellen und die Zusammenfügung derselben zur Herstellung des ganzen inneren, zu ersprießlicher Wirthschaftsführung geeigneten Hausrathes, erfordert außer der eben geschilderten architectonischen Ausarbeitung dieser einzelnen Zellen und der Ausstattung derselben mit dem nöthigen Arbeitsmaterial auch noch ganz andere Leistungen. Das Wichtigste ist ja schon von vorn herein diese Häufung und Anordnung einer größeren Zahl von Zellen zunächst zu sogenannten Zellgeweben, und dann zum Gesammtbau des organischen Individuums. Daß dabei von einer Zusammenschichtung vorhandener Einzelzellen von außenher keine Rede ist, liegt auf der Hand. Dadurch unterscheiden sich eben die organischen Zellen von den Bausteinen eines Hauses, daß sie sich selbst fortzeugen und Baumaterial und Bauleute zugleich sind. So erzeugt eine Anfangszelle in zahllosen Generationsfolgen alle Zellen eines und desselben organischen Gebäudes durch stets fortgesetzte Selbsttheilung. Und die nach Bedarf in unbeschränkter Zahl erzeugten Zellkinder rücken an ihre Stelle und nehmen eine jede die ihr zuständige Form an.

Allein so unbegrenzt immer die Bildsamkeit der Zelle sei, so lehrt doch die Erfahrung, daß nicht alle baulichen Einrichtungen im Innern eines Organismus aus einzelnen Zellen hergestellt werden, sondern daß es auch Theile giebt, zu denen die Körperlichkeiten und zumal die Räumlichkeiten mehrerer zuerst getrennter Zellen wiederum zusammengefügt und in einem gemeinschaftlichen Raum vereinigt werden.

Dieses Verfahren wird in sehr ausgedehnter Weise zur Herstellung längerer Röhrenleitungen für Flüssigkeiten oder

Gase in Anwendung gebracht. Freilich werden manche dieser sogenannten „Gefäße“ des Pflanzenkörpers auch lediglich durch stetes Weiterwachsen einer röhrenförmigen Zelle hergestellt, deren Protoplast selbst in einer Richtung immer fortwächst, und die schlauchförmige Zellwand in derselben Richtung fortbildend, so zu sagen, vor sich her schiebt. Andere derartige Leitröhren, oder auch Vorrathsbehälter werden durch Weitung gewisser Räume zwischen den Zellenlagen („Zwischenzellen- oder Intercellularräume“) zu Stande gebracht. Eine große Zahl entsteht indessen dadurch, daß sich Reihen von lebendigen Einzelzellen untereinander zu Schläuchen oder Röhren wieder vereinigen.

Hierzu ist mithin Eröffnung der festen Zellumwandung nöthig. Das ringsgeschlossene Kämmerchen soll gegen seine Nachbarräume hin fenster- oder thürartige Durchbohrungen erleiden. In kleinster Form wird diesem Bedürfniß, wie schon oben erwähnt, mit Benutzung der Tüpfel- oder Porenkanäle dadurch Genüge gethan, daß die zwischen zweien derselben stehen gebliebenen primären Zellwandschichten beseitigt und damit ohne Weiteres diese Durchlässe geöffnet werden. Dies wird in größerem Maße so ausgeführt, daß Zellen, welche in Reihen geordnet liegen, an sämmtlichen sie von einander scheidenden Wänden eine Anzahl kleiner Tüpfel oder einzelne, die so groß sind, wie die Scheidewände selbst, anlegen, dann zu weiten Durchgängen öffnen, und damit bequeme Kanäle von beliebiger Länge und Weite herstellen. Dann aber sieht man endlich auch ohne vorhergegangene Wandverdickung und Tüpfelanlage zu gleichem Zweck ganze beliebig große Wandstücke von allerlei Zellen in allerlei Richtungen herausgelöst („resorbirt“). Und auf diese Weise geschieht es, daß die künstlichsten und zusammengesetztesten Gefäßverbindungen oft sogar in Form feinmaschiger Netze durch den ganzen Pflanzenkörper hin angelegt werden können. Es erhält gerade diese Form

netzartiger Gefäßbildung noch dadurch eine weitere Vollendung, daß die zu Röhren verschmolzenen Zellreihen einander feine, rüsselförmige Fortsätze entgegensenden, welche zwischen den benachbarten Zellen hindurch einander so zu sagen entgegenkriechen und ebenfalls mit einander verschmelzen. (Holzschn. 4; Fig. 5).

Jene ohne Wandverdickung und Tüpfelbildung vereinigten

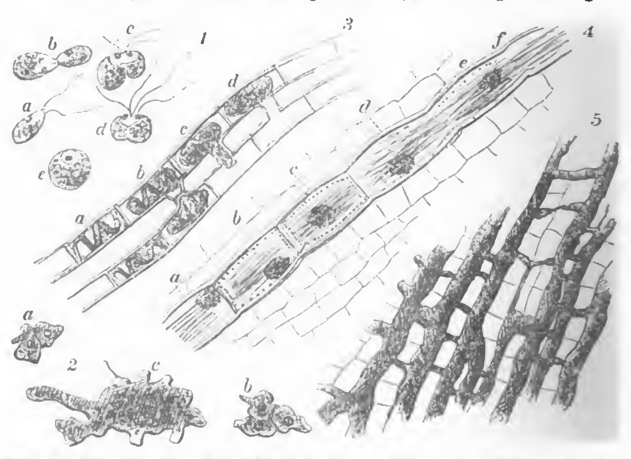


Fig. 4. Zellen in und nach der Verschmelzung. — 1. Paarung von Schwärmzellen der Algen; a einzelne noch freie Zelle, b bis e fortschreitende Verschmelzung zweier. — 2. Verschmelzung der amöbenartigen Schwärmer (Phytamöben, Myxamöben) der Schleimpilze zu Plasmodien. — 3. Copulation der Protoplasten einer Fadenalge (Spirogyra) zur Bildung von Sporen. — 4. Ein aus allmählicher Verschmelzung einer Zellreihe hervorgehendes Schlauchgefäß (aus der Tradescantia). In den Zellen sind Kerne und Nadelkrystalle sichtbar. — 5. Bündel von Milchsaftgefäßen, die aus der Vereinigung vieler Zellen und Zellfortsätze entstanden sind.

Zellen geben der Regel nach die zarteren, schlauchähnlichen (4, 4) Gefäße des Pflanzenleibes, während die nach eingetretener Wandverdickung ausgebildeten Gefäße festere und starrere Gestaltungen gewinnen (3, 4). So sind nun jene mehr für Leitung von tropfbar flüssigem, diese mehr für gasförmigen Inhalt geeignet.

Da wiederum alle die architectonischen Vorgänge nur bei Gegenwart lebendiger Protoplasten vor sich gehen, so

schreiben wir dieselben ebenfalls der Thätigkeit dieser Künstler zu. Wie eine stärkere Einlagerung von Wassertheilchen zwischen die Cellulosenmolekeln diese in einen erst lockeren, dann gallertartigen Zustand versetzen kann, so kann durch das gleiche, noch weiter fortgesetzte Verfahren endlich die Cohäsionskraft derselben ganz überwunden, und so die Wiederauflösung fester Wandtheile ausgeführt werden. Daß nicht bald hier bald da jede beliebige Wandstelle solchem Schicksal anheimfällt, erweist, daß eine eigene lokale Veranlassung dafür vorhanden sein muß, die wir füglich in der gleichsam wählerisch bestimmenden Thätigkeit des Protoplasmaleibes selber suchen.

Derselbe benimmt sich nun bei dieser Verrichtung verschieden. Man sieht Reihen von Einzelzellen dadurch, wie gesagt, in räumliche Vereinigung gelangen, daß sie die sie scheidenden Wände einfach ohne vorhergehende Verdickung und Tüpfelbildung beseitigen, wie dieß bei Herstellung der sogenannten Milchsaft- und Schlauchgefäße der Fall ist; dann findet man unmittelbar nachher den durch derartige Oeffnung entstandenen, fortlaufenden Kanal nunmehr mit einem ebenso fortlaufenden röhrenförmigen Protoplasmaschlauch ausgekleidet. Je zwei Protoplasten berühren einander sofort nach Oeffnung der Zwischenthür der Kämmerchen, die sie bis dahin abgeschlossen für sich bewohnt haben. Doch bleibt's nicht bei der Berührung Haut an Haut, sondern ihre Außenschläuche verschmelzen zunächst und bilden dann auch ihrerseits in ihrer eigenen Masse innerhalb des Wanddurchbruchs einen Durchlaß, um die beiderseitigen Zellinnenräume der Leibeshöhlen zu einer zu vereinigen. So thun dann immer mehr und mehr Einzelzellen dasselbe, endlich unbegrenzt viele. Und so addiren sich zu dem aus zweien zusammengefügten Zellenleib immer neue Individuen und gestalten aus ihm einen einheitlichen Protoplasten höherer Ordnung, der ob er gleich aus vielen entstanden, doch nur *eine* vitale Individualität, eine Art Gesammt-

Persönlichkeit darstellt. Die einzelnen Protoplasten bleiben dabei in ihrer ursprünglichen Behausung. Ohne zu einander zu schlüpfen, wie in anderen Fällen, beharren sie an ihrem Ort, und die neue Zellenvereinigung wächst im Verhältniß der Mitgliederzahl, die sie bilden, an Ausdehnung, zuletzt unbegrenzt durch den ganzen Organismus. Damit aber verliert sie dann freilich immer mehr und mehr die Eigenschaften eines wirklichen Individuums und zeugt dafür, daß selbst die so unfehlbar gekennzeichnet scheinende Eigenschaft der Individualität von sehr verschiedenem Werth und sehr verschieden scharfer Ausprägung sein kann. Auch scheint sich die innere Organisation des nunmehr entstandenen Riesen-Symplasten sehr zu vereinfachen, da man in diesen fertig gestellten Schläuchen bisher weder bewegliche Bänder noch Körnchenströmung wahrgenommen hat. Daß jedoch der wie immer verzweigte oder vernetzte Primordialschlauch so lange noch lebendig und thätig bleibt, als stoffliche Aenderungen zum Lebensbedarf in seinem organisirten Inhalt vor sich gehen, kann nicht wohl einem Zweifel unterliegen. (Holzschn. 4; 4, 5).

Ganz anders erweist sich das Verhalten der Protoplasten derjenigen Zellen, welche erst, nachdem sie ihre Wandungen mit Verdickungsschichten ausgefüttert und diese mit Tüpfelbildungen geziert haben, die gegenseitige Eröffnung ihrer Wohnräume vornehmen und diese zu lang fortlaufenden Gallerien vereinigen. Bis zur Fertigstellung der zierlichen, leistenförmigen oder getüpfelten Wandverdickungen sieht man in diesen Zellen noch den vollständigen arbeitskräftigen Protoplast mit Kern und Zubehör wohnen. Später nämlich ist in diesen nach erfolgter Durchbrechung mit Sicherheit bisher kein lebendes Protoplasma mehr gefunden worden, wenn auch zuweilen Reste desselben darin zu hängen scheinen. Hier haben die Protoplasten eben mit Herstellung dieser Kanäle aus ihren Einzelhäusern ihre Schuldigkeit gethan und können gehen. Für

bloßes Passirenlassen von Luft oder Wasser scheint es des Zuthuns lebendigen Protoplasmas nicht mehr zu bedürfen. Es brauchen die einzelnen Zelleninhaber, sobald sie einander und miteinander die Thüren aufgemacht haben, sich nicht mehr, wie in obigem Fall, zu ewiger Vereinigung die Hände zu bieten. Vielmehr haben sie im Interesse des Ganzen ihr Dasein aufzugeben. Symplasten kommen hier, so weit man bis jetzt weiß, nicht zu Stande. (Holzschn. 3; Fig. 4).

Dieser Unterschied läßt sich dadurch leicht vor Augen legen, daß man die Gewebtheile, welche solche Gefäßzüge enthalten, durch passende Reagentien[1]) in ihre einzelnen Zellen zerlegt („macerirt"), indem man die Bindesubstanz, welche die Zellwände eben zu Geweben aneinanderkittet, herauslöst. Dann zerfallen die letzterwähnten, dickwandigen, getüpfelten Gefäße des Holzes sofort in die Zellen, aus denen sie zusammengesetzt sind, und welche dann beiderseits offen erscheinen. Dagegen fallen beim gleichen Verfahren mit Schlauch- und Milchsaftgefäßen lediglich die äußeren Zellstoffgehäuse als einzelne Glieder aus einander. Der Innenschlauch jedoch zeigt sich nun um so deutlicher in seinem haltbaren Zusammenhang. Auf ihm kann man sogar, da er sehr dehnsam ist, die einzelnen röhrigen Schalglieder wie Futteralstücke auseinander geschoben sehen.

Nicht allein also in den Grenzen der eigenen Individualität vermag der lebendige Protoplast sich mannigfach zu vergrößern und zu allerlei gegliederter Form auszugestalten, sondern auch das Vermögen, sich mit seines Gleichen auf das Innigste zu vereinigen und als Gesammteinheit höherer Ordnung weiter zu arbeiten, gehört in den Kreis seiner Fähigkeiten. Von diesen jedoch wird später noch einmal die Rede sein müssen.

---

[1]) Z. B. durch Aetzkalilösung, Schwefelsäure, chlorsaures Kali und Salpetersäure u. s. w.

Aber derartige Wandauflösungen und Protoplasmaverschmelzung werden auch wiederum in anderer Weise, noch anderen Bedürfnissen folgend, ausgeführt.

Wir haben oben wiederholt solcher Zellen gedacht, welche ihrer Kerkerhaft innerhalb der Cellulosewand ledig, sich freien Umherschwärmens erfreuen. Sowohl die sogenannten Schwärmsporen, als die Schleimpilz-Amöben, als die männlichen, befruchtenden Schwärmzellchen, die Zoospermien, verhalten sich so. Es fragt sich, wie diese erstlich ihrer Einzelhaft zu entschlüpfen, und dann, wie die letzten zum Zweck der Befruchtung zu den weiblichen Zellen hin zu gelangen vermögen. (Holzschn. 2; Fig. 1, 9, 10, 14—19).

Es sind entweder ganze Zellenleiber oder Theile von solchen, welche sich zu diesen Zwecken auf die Wanderschaft begeben müssen. Dieselben pflegen erst wie andere Protoplasten in Zellwandhüllen zu leben und haben sich erst dieser zu entledigen, ehe sie ihre schon im Verschluß geübte Bewegsamkeit mit freier Ortsbewegung vertauschen können. Die Befreiung kann nun durch Eröffnung einer Thür, d. h. Herauslösen eines ganzen Stückes der Zellwand oder durch Zersprengen derselben erfolgen. Dabei wendet der Protoplast meist einen einfachen technischen Kunstgriff an. Er erzeugt zwischen seiner äußeren Membranschicht und der Cellulosehülle eine Schicht schleimiger Substanz, z. B. aufgequollenen Zellstoffes selbst, welche so geartet ist, daß sie allmählich von außen her ein Uebermaß von Wasser durch die Zellwand hereinsaugt. Die fortgesetzte Schwellung dieser Schicht läßt diese einen steigenden Druck nach allen Seiten ausüben, dem endlich die Zellwand nicht mehr Widerstand zu leisten vermag, sondern zerspringt (2; 10). Die Stelle des Risses pflegt mechanisch vorbereitet zu sein. Die explodirende Schleimmasse öffnet also dem von ihr umgebenen Protoplasten den Weg, den dieser benutzt, indem er sich durch die Oeffnung, so eng oder weit sie sei, schmiegsam unter ent-

sprechender Gestaltänderung hinauszwängt. Vorher schon pflegt er seine Gliederungen nebst metaplasmatischem Inhalt zu einem plastisch preß- und dehnsamen Ballen zusammengezogen zu haben. Derselbe schlüpft nun hinaus wie ein elastischer Gummiball, während des Durchzwängens schmal, vor und hinter der Ausgangsthür dicker, vorn an Dicke zu-, hinten abnehmend, bis seine ganze Substanzmasse draußen ist. Wie der nunmehr isolirte, auf sich selbst angewiesene Monoplast sich zu Rudern, Kopfende, auch wohl rothem Punkt verhilft, ist schon oben gesagt; auch wie solche Körper später wieder seßhaft werden und zu eigenen Pflänzchen heranwachsen. Allein viele von ihnen unterziehen sich erst wieder noch einem Paarungsact, der alsdann der Regel nach auch die Zeugung eines gleichartigen Neuwesens als Ziel hat. Bei manchen Algenarten treten je zwei solcher Schwärmmonoplasten, wo sie sich finden, in Berührung, haften an einander, verschmelzen nach und nach mit der ganzen in Berührung gekommenen Körperfläche, bis sie unter Augen ganz und gar in einen einzigen, von einheitlichem Umriß umschriebenen Symplasten verwachsen sind, der dann meist bald zur Ausscheidung einer Hülle und zu ferneren Gestaltwandlungen schreitet. (Holzschn. 4; Fig. 1).

Solcher Verschmelzung können sich der Form nach gleiche, aber auch verschiedenartige und zwar an Quantität und Qualität ungleiche Monoplasten unterziehen. In letzterem Fall hält man ihr Unternehmen für den Act geschlechtlicher Zeugung und taxirt den kleinen Monoplasten, der oft beweglicher ist oder sich sogar allein herbeibewegt, als den männlichen, den größeren, oftmals in Ruhe bleibenden, als den weiblichen Zeugungskörper. Dies Differenzirungsverhältniß stellt eine ganz allmähliche Uebergangsreihe dar. Zu einem bedeutenden Gegensatz der beiderlei Paarlinge kommt es z. B. bei den größeren Tangarten (Fucaceen) der Oceane, deren weibliche Zeugungsmonoplasten, große kugelförmige Riesen, ohne eigne

Locomobilität, darauf warten müssen, bis sich die sehr kleinen, hinten und vorn mit Cilien begabten Männlein ihnen nahen und sich in ihre Masse versenken (2; 16).

Aber nicht bloß ganz im Freien treiben derartige Monoplasten solch bedeutsames Spiel, sondern auch selbst, wenn die weibliche Zelle ruhig in ihrer Behausung verharrend die männliche erwartet. Freilich muß sie ihm dann ein Pförtchen öffnen, — was meist wiederum durch irgend eine Schleimexplosion geschieht, — damit er hereinschlüpfen und sich mit seiner Substanz ihrem Protoplasmaleib einmischen könne. So bei den Conservenformen Vaucheria, Oedogonium und anderen. Endlich hindert auch eine doppelte Clausur die beiderlei Zeugungs-Protoplasten nicht, zur Vereinigung zu gelangen. In der kleinen Familie der nach solchem Vorgang genannten Conjugaten-Algen findet eine Copulation ganzer, ummandeter Zellen zu diesem Zweck statt (4; 3). Die zusammengezogenen Zellenleiber öffnen sich kein Thor und schlüpfen nicht aus, sondern treiben Fortsätze ihrer Wandung vor sich her, die sich gemeiniglich halbwegs begegnen und mit ihren Enden eng aneinanderfügen. Nun erst werden diese durch Resorption, wie in den oben beschriebenen Vorgängen geöffnet, die beiden Protoplasten paaren sich zu einem, der sich indessen nicht, wie bei der Gefäßbildung in doppelter Größe als Ausfüllung beider contribuirender Zellen erhält, sondern sich zu einer rundlichen Eizelle formt, wie in den eben besprochenen Fällen. In diesem Fall kann dann solches Ei zwischen den beiden Zellen auf neutralem Gebiet in der von beiden gemeinschaftlich gebauten Vereinigungsbrücke entstehen, oder es kann auch der eine Protoplast in seiner Zellkammer den anderen wiederum ruhig erwarten. So spricht sich auch hier der Gegensatz von männlich und weiblich wieder verschieden scharf, — oder gar nicht aus. Endlich kommen dann solche Verwachsungen von Protoplasten unter vorhergehender Eröffnung der trennenden

Zellhüllen bei den feinen, haar- oder fadenförmigen Schlauchzellen vieler Pilze vor, die dadurch ihre Massen und Kräfte zunächst zu rein dem Wachsthum dienenden Zwecken vereinigen. Damit schließt sich dann diese Erscheinungsreihe an die Verschmelzung einzelner Gewebzellen zu Gefäßbildungen, wie oben geschildert, unmittelbar an.

Man kennt schon eine ausnehmend große Zahl von Vorkommnissen, wie sie hier auf den letzten Seiten flüchtig umrissen sind. Allerlei Formen der ruhenden und beweglichen Zeugungs- oder sonstigen Schwärmmonoplasten, allerlei Bewegungsarten der Paarung oder Ansiedlung geben eine weitverzweigte Gestaltungsreihe, die auch nur annähernd ausführlich zu erörtern, weit über die hier zu steckenden Grenzen gehen dürfte. Dieselbe müßte einer specielleren morphologischen Betrachtung der Zelle überlassen bleiben.

Für den vorliegenden Zweck sollen diese Andeutungen nur eben genügen, einerseits in's Licht zu stellen, wie der Zellprotoplast sein selbstgeschaffnes Haus in jeder Hinsicht beherrscht, es durchbrechen, aufmachen, verlassen, selbst ganz zerstören kann, um in Freiheit zu gelangen, oder um sich mit anderen zu vergesellschaften. Andererseits sollen sie die Fähigkeit dieses Wesens zeigen, im Gesammtinteresse des Individuums oder des ganzen Artverbandes, dem es angehört, die Einzelwesenheit ganz und gar zu opfern und in eine Gemeinwesenheit höherer Ordnung einzutreten, um dadurch Individuen herzustellen, die, sei es an Besitz zahlreicherer Fähigkeiten, sei es an Körpergröße, die anderen übertreffen und zu besonderen Leistungen berufen sind.

Wir haben uns nunmehr zunächst dem scheinbaren Gegentheil dieser Vorgänge, d. h. der Theilung, Zerstückung, Verkleinerung des Zellenleibes zuzuwenden.

8. Zelltheilung.

Jeder lebenskräftige Zellenleib vermag zu beliebiger Größe heranzuwachsen, indem er die eigene Substanz durch andere, die er aus der Umgebung bezieht, vermehrt. Desgleichen kann er sich mit anderen solchen Individuen materiell sowohl wie virtuell vereinigen, um mit denselben zu ungetheilter Einheit verbunden wiederum in beliebiger Vergrößerung weiter leben und weiter arbeiten zu können. Ebenso vermag endlich auch ein Protoplast sich in zwei oder mehrere zu theilen, oder Stücke von sich abzutrennen, die fortan ihre gesonderte Existenz zu führen vermögen. Das Bedürfniß zu solchem Abgliederungs- oder Theilungsverfahren muß eben eintreten, sobald eine einzellebige Zelle zur Zeugung neuer ähnlicher einzellebiger Wesen zu schreiten hat. Es muß ebenso eintreten, wenn ein Pflanzenkörper zu groß wird und sich allzu verschiedenen Leistungen hingeben muß, um die denselben entsprechenden Organe alle noch in einer einzigen Zellräumlichkeit herrichten, oder um verschiedene Glieder auf geschickte Weise mittelst derselben ausgestalten zu können. So treten an Stelle einzelner Zellen dann Genossenschaften derselben in's Dasein.

Wie geschieht dies aber? Sehr einfach dem Anschein nach. Es bildet sich eine Kluft durch eine bis dahin einheitlich solide, vital-plastische Masse, und nun sind deren zwei getrennte vorhanden, wo sonst eine einzige, zusammenhängende gewesen ist. Wer macht die Kluft? Welche Kräfte zerreißen, was bis dahin zusammenhing und lassen nun nach zwei Plänen sich gestalten, wirthschaften und arbeiten, was bis dahin nur *einen* Plan befolgte und *eine* Arbeitsperson vorstellte?

Davon später. Die nächste Aufgabe ist, die Erscheinungsformen solcher Theilungs- und Separationsvorgänge zu durchmustern. Am schnellsten und ausgiebigsten theilen sich die Gestaltelemente des Organismus der Zellen da, wo am emsig-

sten gebaut wird, in Keimlingen, in Knospen und deren jungen Erzeugnissen. Hier überholt die Schnelligkeit und Energie des Theilungsverfahrens weitaus die des Heranwachsens der Zellen. Und so geschieht es, daß diese sich in ganz jugendlichem, oder besser kindlichem, noch durchaus unentwickeltem Zustande fort und fort theilen. Wir sehen z. B. in den Wachsthumsherden (Vegetationspunkten) wachsender Pflanzentheile massenhaft über- und nebeneinander geschichtete, kleine Zellchen liegen, gerade als ob sie aus einheitlicher plastischer Masse durch Schnitte in die Kreuz und Quer abgetheilt wären. Durch abwechselnd in den drei Richtungen des Raumes laufende Trennungsklüfte spalten sich die Protoplasmapartien, — so sieht es aus, — fort und fort zu immer neuen kleineren Theilen, welche eben für passiv auseinandergeschnittene, würfelige oder polyedrische Stücke gehalten werden könnten, wenn nicht jedes einzelne sich sofort bemühte, zu einer gewissen Größe heranzuwachsen, in der die Theilung dann von Neuem eintritt.

In diesem Zustand erscheint die plasmatische Masse ganz solide und als ein inniges Gemenge von Hyaloplasma- und Kleinkörperchen. Dasselbe ist augenscheinlich so dicht, daß von flüssigen Theilen und Strömungen derselben nicht die Rede sein kann, wie schon oben erwähnt. Kaum, daß man im Innern jedes Zellchens eine große, abgerundete, abgegrenzte Binnenmasse zu erkennen vermag, welche, wie sich beim Fortgang des Wachsthums zeigt, der Zellkern ist. In die Umgrenzung dieses Kernes dürfte in den jüngsten Zuständen mehr Masse fallen, als für die ganze umgebende Zelle übrig bleibt.

Diese Art der Theilung im keimähnlichen Urzustande der Zelle läßt nun oftmals keinerlei einzelne Gestaltungsvorgänge in den Theilen des Protoplasmas, welches die Kluft durchsetzt, erkennen, zuweilen Spuren davon, mehr ahnen, als deutlich erblicken. Jetzt ist die Zellmasse noch eins, nun ist sie durch eine überaus feine, aber völlig durchschneidende Kluft in zwei

getrennt. Ebenso schnell darnach, — vielleicht gleichzeitig, — ist die Kluft auch schon mit klar durchsichtiger Substanz, der jungen Cellulose, erfüllt. In welcher Weise oder Folge oder Ordnung hier die Protoplasmatheilchen plötzlich auseinander rücken, werden wir für viele Fälle schwerlich eher erfahren, als bis unsere optischen Hülfsmittel noch eine ganz andere Verschärfung ihrer Leistungskraft gewonnen haben. „Das Protoplasma spaltet sich", mit dieser Phrase dürften wir uns einstweilen in vielen Fällen zu begnügen haben. Nicht einmal, ob die Kluft der ganzen Ausdehnung nach gleichzeitig erscheint, läßt sich für dies Stadium heutzutage überall sicher feststellen.

So gleichmäßig und von Gestalt indifferent dabei die Einzelzellchen, die in solcher Massenarbeit fabrizirt werden, aussehen, und so planlos ihre Häufung erscheint, so ist doch das eben nur Schein. Es wird die Theilungsfolge so vollzogen, daß die Gesammtmasse der Theilungsprodukte stets die Form annimmt, welche zur Ausbildung der Gestalt des im Wachsen begriffenen Organes die erforderliche ist. Ein einheitlicher Plan beherrscht das ganze Verfahren. Dies zeigt sich am schlagendsten, wenn nun die Mitglieder der heranwachsenden Zellgenerationen plötzlich untereinander verschiedene Wachsthumsweisen befolgen und so sich zu verschiedenen Gestalten bilden und verschiedenen Gewebeformen, wie es die Gesammtarchitectur heischt, die Entstehung geben.

So geschieht es überall, wo in rapider Weise große Mengen von diesen organischen Bausteinen, den Zellen, zum schnelleren Fortgang des Baues beschafft werden müssen. In etwas späterem Stadium tritt für die Einzelzelle die Aufgabe des Heranwachsens zu größerem Umfang in den Vordergrund. Damit soll eben dem nun in seinen Grundzügen plangemäß angelegten Organe seine erforderliche Größe gegeben werden. Da tritt dann meist erst eine Zeit ein, in welcher Theilung

und Ausdehnung für die Zellausbildung mit einander wechseln. Endlich erlischt die Theilung fast ganz, und die nunmehr erzeugte Anzahl der neuen Protoplasten hat sich nur noch mit Ausbau und Ausrüstung der einzelnen Zellgehäuse und des Hausgeräthes und Stoffvorrathes derselben zu beschäftigen. In dieser Zeit dürfte vielleicht hauptsächlich das mehrfache Umherfahren des Zellkerns im Raum seiner Zelle zu beobachten sein. In jener zweiten Periode, der der wechselnden Theilung und Vergrößerung, läßt sich dagegen das Zerlegungsverfahren schon etwas mehr in seinen einzelnen Zügen beobachten. Denn es ist jetzt schon längst, wie oben geschildert, das anscheinend solide Protoplasma der Einzelzellen in seine unterschiedlichen Glieder auseinandergetreten, und die Bewegsamkeit derselben sichtbar geworden. Wir sehen die Zellkerne in ihren Hüllen bald an der Wand ausruhen, bald in der Mitte wie Spinnen im Netze an Bändern, die strahlig ausgespannt sind, thronen. So läßt sich dann auch jedesmal der Zellkern, wenn die Zelle sich zur Halbirung anschickt, dorthin bugsiren, wo die Theilungskluft entstehen soll, und es sammelt sich nach wie vor aus Wand- und Bandprotoplasma so viel um und neben ihm, daß eine bezüglich dicke, polsterartige Schicht davon den ganzen Raum von Wand zu Wand durchsetzt. Zumeist, besonders wenn wir wiederum zunächst der parenchymatischen Zellen aus dem Inneren der Pflanzentheile gedenken, legt sich diese Protoplasmascheibe quer, ungefähr in äquatorialer Ebene durch die Zelle. (Vgl. Holzschn. 3; Fig. 1).

Seltener geschieht es in meridionaler, noch seltener in beliebig schiefer Richtung. So werden auch die Zellen viel häufiger eben durch den Theilungsvorgang in zwei ungefähre Hälften, der Länge oder Quere nach zerlegt, als daß sich ein schiefes oder sonst unregelmäßig scheinendes Segment von einem größeren, übrigbleibenden Stück abtrennte. Welche Theilungsrichtung ausgeführt wird, hängt selbstverständlich von dem an-

gestrebten architectonischen Ergebniß ab, ob Reihen, Schichten, Haufen, Häute von Zellgeweben, oder ob eigen gestaltete Einzel-

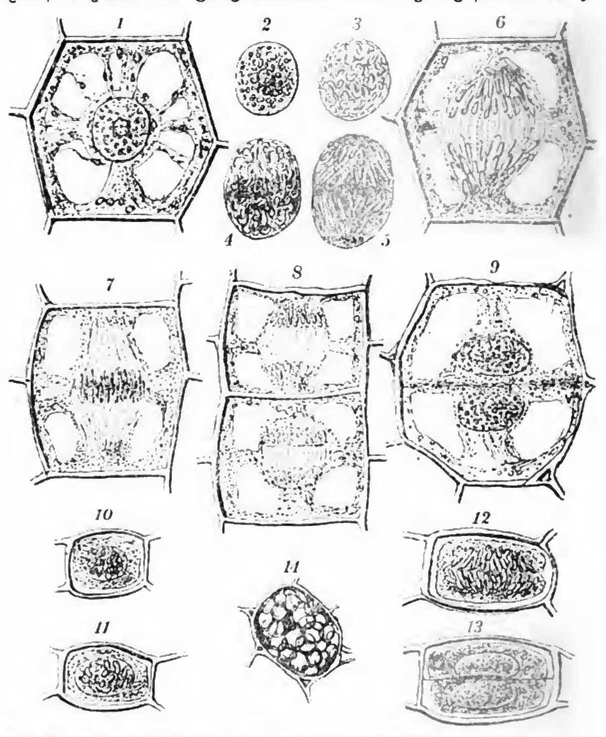


Fig. 5. Vorgänge bei der Zelltheilung. — 1. Zustand unmittelbar vor derselben. — 2–5. Innere Ausgestaltung der Kernmasse als Vorbereitung zur Theilung. — 6. Kerntheilung in ihrer Ausführung. — 7–8. Verschiedene Erscheinungsformen bei diesem Vorgang. — 9. Kerntheilung vollendet, Kernsubstanz zurückgebildet, Ausführung der Scheidewand zwischen den neu zu bildenden Zellen. — 10–13. Vorgänge bei Theilung der zwei Zellen einer entstehenden Spaltöffnung. — 14. Zelle mit Stärkekörnern, welche etwas aufgequollen, die Taschen erkennen lassen, in denen sie liegen.

zellen verfertigt werden sollen.

Hat der Zellkern in der Mitte der geplanten Theilungsebene

Platz genommen, so verschwinden oft — nicht immer — die übrigen seitlichen und schrägen Bänder, die sonst den Raum durchziehen, als ob alle andere Thätigkeit der nunmehr gleichsam kreißenden Zellmutter ruhen müßte. Nur in der Mittellinie der Zelle, welche senkrecht auf der zukünftigen Theilungsfläche stehend, bequem deren Theilungsaxe genannt werden kann, bleibt ein gewöhnlich starkes Band straff ausgespannt, welches in seiner Mitte die Kerntasche nebst dem Kern selbst trägt und sich nach beiden Enden mit erbreitertem Fuß dem Wandprotoplasma einverleibt. Axenband und Aequatorialschicht halten nun mit einander den Kern im Mittelpunkt der Zelle aufgehängt, während sich die Theilung an ihm und der ganzen Zelle vollzieht.

Inzwischen hat indessen der Zellkern selbst, der in dem entwickelten Zustand der Einzelzelle der Beobachtung zugänglich ist, begonnen, durch Veränderung seiner Physiognomie den Antheil zu erkennen zu geben, den er an dem Zelltheilungsact zu nehmen sich anschickt. Es zeigen sich jetzt Umgestaltungen dieses seltsamen Körpers, die unsere Aufmerksamkeit zunächst mehr in Anspruch nehmen, als die übrigen Theile des Protoplasmas nebst ihren Veränderungen.

Schon oben ist kurz erwähnt, daß die Mehrzahl der Zellkerne nicht, wie man lange annahm, aus nahezu gleichartiger Substanz besteht, sondern ein Ansehen feiner Körnelung zur Schau trägt. Dasselbe verräth ein inneres Gefüge aus verschieden gestalteten Theilen von ungleich dichter Substanz, feinen Streifchen, Körnchen oder am wahrscheinlichsten fadenartigen Bildungen, die wie ein Knäuel gehäuft die Kernmasse ausmachen. Aus vielen einzelnen Beobachtungen ist es nun zur Zeit wahrscheinlich, daß dies feine Gefüge gegen die Zeit der Zelltheilung hin ganz allmählich immer weniger fein, immer deutlicher und schärfer wird, bis endlich der Kern einem Ballen verhältnißmäßig grober um und durch einander gewundener

Fäden oder Schnüre gleicht, deren Windungen und Schlingen durcheinander laufen, dem Auge hier erscheinen und dort verschwinden, und an den Berührungsstellen hier und dort mit einander verschmolzen, auch wohl dabei verdickt erscheinen (5; 2, 3).

Diese Structur verräth vielleicht, wie schon angedeutet, zunächst nur eine regelmäßige Anordnung von dichteren Substanzstreifen innerhalb einer weniger dichten Grundmasse, vielleicht wasserärmerer „Schlieren“ in wasserreicherer Einbettungsmasse. Zum Zweck der Theilung scheint nun eine schärfere Differenzirung der beiderlei Abgrenzung und Individualisirung der Windungen in der Grundmasse nöthig zu sein. Wenigstens geschieht es so in sehr vielen Fällen thierischer und pflanzlicher Zellen sehr verschiedener Art. Die Vergröberung, — man verzeihe das grobe Wort, — endigt endlich mit einer Zerlegung der Windungen in einzelne Bogenstücke, die sich dann nicht selten zur Form feiner, gerader Stäbchen oder kleiner Keulen ausrecken und dabei mit ihrem einen (dickeren) Ende gegen die zukünftige Theilungsfläche kehren. Dabei rücken sie dann gleichzeitig in zwei getrennte Häufchen auseinander, die nun einander gegenüber stehen (5; 4, 5).

Es scheint nun zuweilen fast, als ob die Kernmasse ganz und gar in diese „Stabkörperchen“ aufgegangen wäre, und je mehr deren beide Gruppen auseinanderweichen und sich als zwei getrennte Individualitäten vor Augen stellen, desto mehr scheinen sich aus ihnen die zwei neuen Tochterkernmassen selbständig zu constituiren. Allein genaue Beobachtung lehrt, daß gewöhnlich, nachdem diese Stabkörperchen aus der Kernmasse herausgebildet sind, der Rest derselben, wenn auch seiner Dichtigkeit und optischen Deutlichkeit beraubt, dennoch, zu größerem Volumen erweitert, diese Körperchen noch immer umfaßt und in sich birgt und trägt. Ja es nehmen dieselben in verschiedenen Fällen einen sehr verschiedenen Volumenantheil des

ganzen Kernumfanges für sich in Anspruch. Bald zeigen sie sich zunächst nur in der Aequatorialgegend des Kernes, bald füllen sie beide Hemisphären desselben mehr oder weniger aus. Häufig zeigen sich zuerst nur senkrecht nebeneinander auf der Aequatorialfläche stehende Stäbchen oder Streifschen als schmale fast einfache Schicht, während die Hemisphären polwärts nur feine meridionale Linien zeigen, und die äquatorialen Stäbchenschichten rücken dann allmählich, sich beiderseits zu neuer Kernmasse verdichtend, auseinander. Oft auch sind die Kernpole selbst von noch dichterer Stoffanhäufung, die an der Stäbchengestaltung mehr oder weniger Theil nimmt, erfüllt, und auf diese Polarmassen erscheinen dann die Stabkörperchen aufgepflanzt, indem sie ihre freieren, oft verdickten Enden einander entgegenstrecken. Innerhalb der Polarmassen pflegen dann auch zuerst die neuen Kernkörperchen wieder sichtbar zu werden, nachdem das alte zwischen den entstehenden Stabkörperchen des Mutterkernes oft ganz aufgehört hatte, wahrnehmbar zu sein. Daß das Kernkörperchen sich vor der Theilung ganz auflöse, und nachher an seiner Statt sich zwei ganz neue sammeln, ist sehr unwahrscheinlich, und es verdient wohl diese Annahme nur auf Rechnung der zeitweise eintretenden Umhüllung dieses Körperchens durch andere Theile gesetzt zu werden. Manche glaubten auch vom ganzen Kern in vielen Theilungsfällen annehmen zu sollen, daß er sich ganz verflüssige, und zwei neue sich aus dem Protoplasma ihre Substanz zusammensuchen müßten. Verfasser vermochte dieser Meinung nie beizutreten, und hält sich jetzt nach neuen Beobachtungen durchaus vom Gegentheil überzeugt. Der Kern formt vielmehr seine Glieder in sich deutlicher und theilt sie dann als sein substanzielles Erbtheil in zwei Hälften, sowohl die fester gestalteten als die weichere, vielleicht z. Th. fast flüssige Grundmasse. Ob diese dabei zeitweise mehr Wasser aufnimmt oder ausstößt oder allerlei Stoffantheile aus dem Gesammtprotoplasma bezieht oder mit

demselben austauscht, kann diese Anschauung an sich nicht beeinträchtigen.

Sicher verbinden sich mit den feinen Einzelgliedern des Zellkerns gewisse Sonderverrichtungen desselben. Wenn uns diese selbst nur bekannt wären, so dürften wir auch vielleicht schließen, wie der Mutterkern mit der Vertheilung seiner Formtheile auch seine virtuellen Qualitäten an seine Tochterkerne vererbt. Da wir jene aber nicht kennen, so bleibt jede Frage nach diesem Vorgang einstweilen vergeblich.

Während der Vertheilung der geformten Kernmaterie in zwei Hälften zeigen sich noch andere Symptome der Dehnung und Reckung der Kernsubstanz in polarer Richtung. Zuerst polwärts, wie schon oben gesagt, an den sich sondernden Stabkörperchengruppen, dann zwischen ihnen pflegen sich überaus feine Streifchen im Protoplasma zu zeigen, jene nach dem Axenband hin, zum Theil in und durch dessen Protoplasmamasse fortgesetzt, diese zwischen den Enden der Stabkörperchen oder in deren peripherische Umgebung hinübergezogen, als ob die ganze Substanzmasse eben in der That, bevor sie sich zur Halbirung und Concentration der Hälften entschließt, mechanisch gezerrt worden sei. Es entstehen dabei ungemein zierliche Bilder solcher Kerntheilungszustände, zumal wenn die oben geschilderten Grundmassen der neuen Tochterkerne, polwärts gelagert, nach innen sich ihre Stabkörperchen entgegenstrecken und die ganze, doch noch immer zusammenhaltende Kern-Sphäre nun von Pol zu Pol mit diesen feinen Meridianlinien durchzogen, auch wohl im Aequator noch durch Beginnen einer Durchklüftung gezeichnet erscheint (5; 6—8).

Ist die Theilung des mütterlichen Zellkernes in zwei neue Tochterkerne ungefähr in der skizzirten Weise ausgeführt, so ist nun auch alsbald die der ganzen Zelle vollzogen. Zwischen die sich neu constituirenden Kerne, während sie ihre Substanzantheile noch nach sich ziehen und sammeln, oder nachdem sie

das fertig gebracht haben, wird die Substanz der früher schon angelegten Aequatorialschicht des Protoplasmaleibes eingeführt und diese Schicht quer durch die Zelle vollendet (5; 9). Sie zerklüftet sich und erzeugt die neue Cellulosewand in der Kluft aus ihrem Stoff heraus. Die Tochterkerne haben sich, wie geschildert, erst von einander zurückgezogen, um ihre Stoffantheile zu sondern und bestimmt zu umzirken. Ist dies vollbracht, so sieht man sie oft wieder innig der Trennungsschicht angelagert und endlich dem Anscheine nach nur eben durch die neue Zellscheidewand von einander getrennt (3; 1). So entsteht dann eben leicht die Ansicht, als ob die Theilung des Kernes auch weiter nichts gewesen wäre, als eine einfache Durchspaltung seiner einheitlichen Körpermasse in deren zwei.

Mit der Trennung der Tochterkerne geht eine Rückbildung ihrer Stäbchenstructur in den ehemaligen Anfangszustand von körnig-schlierigem Ansehen Hand in Hand und erreicht früher oder später ihre Vollendung. Statt der festen Stäbchen treten wieder erst reihenweise, dann verschieden bogig geordnete Streifchen oder Fleckchen auf, bis jede Spur des Theilungszustandes verschwunden ist. Dann begiebt sich auch der Kern auf seinen Ruheposten, wie es oben schon angegeben ist, zurück. Er kriecht rings herum längs der Wand oder durchfährt innerhalb eines massiven Protoplasmabandes den Raum der neu gebildeten, nun seiner Inspection überwiesenen Tochterzelle (3; 1, links).

Diese Schilderung lehnt sich als allgemeines Schema an eine Menge neuerer Beobachtungen an, welche, wie schon gesagt, an sehr verschiedenen pflanzlichen und thierischen Zellen von verschiedenen Forschern angestellt sind und in den wesentlichsten soeben dargestellten Zügen übereinstimmen. Viele andere Fälle dagegen lassen wiederum eine Menge interessanter Abweichungen in den Einzelheiten des Verfahrens erkennen. Die Gestaltung des sich theilenden Kernes und seiner Gliede-

rungen, sowie deren speciellere Form und Aufstellung, die Bildung feiner Streifchen und ihre Anordnung, die Zeitfolge der einzelnen Schritte des ganzen Vorganges, die Anlage und Ausführung der Scheidewand und endlich die Rückbildung und Rückwanderung der Tochterkerne und ihrer neuen Protoplasmaleiber lassen bisher schon, nachdem noch verhältnißmäßig wenige Beobachtungen vorliegen, so vielerlei Abwandlungen wahrnehmen, daß fortgesetzte Untersuchungen deren noch viel mehr und wahrscheinlich stärker abweichende an's Tageslicht bringen werden. Weit entfernt, hier in unseren Erforschungen einem Abschluß in der Erkenntniß dieser allerfeinsten Formwandlungen nahe gekommen zu sein, blicken wir nur eben über die Grenze eines noch unermessenen Gebietes neuer Erkundungen, zu deren Ausführung es aber wohl zunächst der Verschärfung unseres ganzen optischen und mikrotechnischen Hülfsgeräthes bedürfen wird. Soviel scheint schon jetzt mit großer Wahrscheinlichkeit angenommen werden zu dürfen, daß es überall auf eine bestimmte Structurentwicklung und Gliederung im Innern der Kernmasse und auf ein Auseinandertreten der gesonderten Glieder sowohl, wie des formlosen Substanzrestes in zwei Hälften, behufs Herstellung zweier neuer Kerne, hinauskommt. Die Physiognomie aber dieses Verfahrens mag sehr mannigfaltig ausfallen.

Alle diese Modificationen, so weit sie schon vorliegen, zu durchmustern, würde den Rahmen unserer Skizze allzusehr erweitern. Nur kurz sei noch eben Einiges erwähnt. So gibt es, wie oben bemerkt, Zellen, die mehr als einen kernähnlichen Körper — nach neusten Beobachtungen deren sogar je Hunderte und Tausende besitzen können. Lassen wir dahingestellt, ob und wie weit die einzelnen Mitglieder solcher Polykratie alsdann unseren einzeln herrschenden Zellkernmonarchen in den gewöhnlichen Zellen gleichwerthig sind. Ihre Theilung vollziehen sie entweder ganz ähnlich, oder doch in einer so weit

übereinstimmenden Weise, daß ihnen der Rang einer Art von Zellkernen im Ganzen kaum streitig gemacht werden kann, mögen sie auch nur in großer Genossenschaft zusammen das ausführen, was der Einzelkern in seinem Gebiet allein zu besorgen im Stande ist, einzeln also von geringer Begabung und Vollkommenheit sein. Auch chemisch scheinen sie in ihrer Substanz mit den Einzelkernen übereinzustimmen. Man wird sich leicht vorstellen, daß die Vielkernigkeit wesentlich bei großen oder sehr lang gestreckten, aufgeblähten oder verzweigten Zellen eintritt. Außer in verschiedenen thierischen Geweben ist sie bis heut im Pflanzenreich in den Zellen niederer Kryptogamen erkannt worden. Doch ist nichts weniger als unwahrscheinlich, daß auch in den übrigen gefäßartigen Zellvereinigungen schlauch- und netzartiger Form bei höheren Pflanzen demnächst eine Mehrzahl von Kernen oder eine Ersatzbildung derselben entdeckt werden dürfte [1]).

Wenn sich nun vielkernige Zellen theilen, so braucht selbstverständlich nicht im Theilungsmoment auch die Zerspaltung einiger oder gar aller Kerne stattzufinden. Vielmehr kann die Vermehrung der Kerne durch Halbirung und die Vertheilung der zeitweise fertig gestellten Anzahl derselben in zwei sich ausbildende Zellen, jedes vom andern unabhängig, oder beides in regelmäßiger Abwechslung ausgeführt werden.

Nach genauerem Einblick in die zarten, schwer sichtbar zu machenden Structurverhältnisse, die sich bei den Theilungen von Zellen mit schon erweitertem Raum dem Auge darbieten können, wird es nun leicht erklärlich sein, daß in jenen zuerst oben erwähnten Fällen von Zerspaltungen sehr junger, sehr gedrängt liegender Zellen von all diesem wenig oder nichts wahrzunehmen ist. Ob hier dann wegen der eingeengten Lage

---

[1]) In einigen Fällen, z. B. bei den Milchsaftgefäßen von Euphorbia, ist dies bereits gelungen.

des Zellkernes innerhalb des soliden Protoplasmaleibes solche feine Sonderungen in Stäbchen, solches Ausrecken zarter Fäden eben aus Raummangel einfach nicht vorgenommen werden können, oder ob man nur durch die dichte Masse der proto- und metaplasmatischen Zellsubstanz diese Vorgänge, ob sie gleich irgendwie statthaben, bisher nicht zu erblicken vermocht hat, läßt sich zur Zeit nicht ausmachen. Vielleicht ist theils Eins, theils das Andere der Fall (Holzschn. 5; Fig. 10—13).

Hin und wieder bilden sich Zellgenerationen in großer Eile nach einander aus, ohne überhaupt Zellwände zu entwickeln, bevor eine gewisse Anzahl und eine gewisse Reife dieser Zellkeime erlangt ist. Auch dann finden allerlei Vereinfachungen des Theilungsvorganges statt. Noch in anderen Fällen werden, — wie z. B. in den Keimsäcken der Phanerogamen, — aus dem mütterlichen Zellenleibe nach und nach neue, junge Zellkeime abgegliedert, bald solche, die nur von schneller Vergänglichkeit sind, bald auch dauerhafte, die eine längere Selbständigkeit gewinnen. Hier war es denn, wo Viele noch bis vor Kurzem sich der seltsamen Anschauung hingaben, daß irgendwo aus schleimig formloser Protoplasmamasse sich ein Kernkörperchen und darum ein Kern zusammenziehe, anderes Protoplasma um sich sammele und so sich nach und nach aus eigener Machtvollkommenheit eine Neuzelle selbst bilde. Man nannte dann diesen unklaren Vorgang „freie Zellbildung". Endlich ist auch diese Vorstellung ziemlich ganz und gar gefallen, und überall hat man genügenden Grund gefunden, auch hier anzunehmen, daß neue Zellen nur von neuen Zellkernen gebildet werden, die ihrerseits aus Theilung eines älteren solchen hervorgegangen sind. Man hat dann nun auch bei solchen Vorgängen zwischen den neu constituirten Tochterkernen die verschiedenen Stabkörperchen und Liniensysteme mehr oder weniger deutlich wahrgenommen, und daraus erschlossen, wie die neuen Kerne in ähnlicher Weise, wie es oben geschildert ist, ihre

Glieder- und Stoffmitgift unter sich theilen und das umgebende Gebiet des mütterlichen Protoplasmaleibes sich dienstbar machen und mechanisch wie dynamisch aneignen. Die zierlichsten Gestaltungsbilder sind zum Theil gerade auf diesem Gebiet neuerdings erschaut worden.

Andrerseits wäre nun noch zu fragen, wie sich denn die kernlosen Zellen oder vielmehr die, in denen man noch keine Kerne entdeckt hat, theilen. Selbstverständlich wie die vielkernigen. Die in den Lehrbüchern aufgeführten kernlosen Zellen, deren Theilung als eigne Art beschrieben wird, sind eben kürzlich größtentheils zu vielkernigen befördert worden. Bei solchen durchschnürt oder durchklüftet sich dann der Protoplasmaleib in einer äquatorial angehäuften Schicht ähnlich, wie in den oben beschriebenen Fällen. So thun es auch, wie es einstweilen scheint, die nackten Leiber vieler kleiner, schwärmender oder zum Ausschwärmen bestimmter Zellen. Bei solchen setzt sich oft die Zerklüftung des mütterlichen Leibes so oft und in so schneller Wiederholung fort, daß endlich überaus kleine Zellchen das Endresultat sind.

Wenn sich nun Zellen, die erst getrennt lebten, bald mehr bald weniger vollkommen zu Zellenleibern höherer Ordnung vereinigen können, die dann ebenso, bald mehr bald weniger scharf personificirte Individualitäten vorstellen, so wird leicht einzusehen sein, wie auch die Theilung einer älteren Einzelzelle in deren zwei oder mehrere neue nicht immer gleich vollkommen durchgeführt zu werden braucht. Solcher kaum oder unvollkommen getrennter Zellenleiber können dann mehrere, selbst sehr viele in einer mütterlichen Zellhaut neben einander wohnen bleiben. Von diesen bis zur Vielkernigkeit einer einzigen großen, noch scheinbar wohl individualisirten Zelle kann es alle Uebergangsstufen geben. Denken wir uns, daß von den vielen Kernen, die z. B. über die Fläche des Primordialschlauches vieler Schlauch-Conserven (Vaucherien und Ver-

wandter) regelmäßig vertheilt sind, ein jeder sein Gebiet des Zellenleibes mit Haut und Inhalt für sich beherrscht oder doch irgendwie beeinflußt, so ist dies der erste Schritt zur Umwandlung des Individuums zur Genossenschaft. So kann sich denn Jeder leicht denken, wie Schritt für Schritt die Vervollkommnung der Individualität einerseits, andrerseits die Verwischung derselben bis zum Extrem fortschreitet.

Ganz genau genommen, so ist der erste Schritt zur Theilung des Zellenleibes schon in der Aussendung äußerer Arme, Cilien, Pseudopodien und innerer Bänder oder Täschchen gegeben, wie ja in der Vereinigung derartig feiner Fortsätze schon der erste Schritt der Verschmelzung oder des Aufgebens der Individualität enthalten ist.

Dabei kann dann auch, -- wie es in manchen einzelnen, aber größeren und künstlicheren Thierzellenleibern (z. B. manchen Infusorien) vielleicht ist, — ein Zellkern, den anderen an Masse und Macht überlegen, die Hegemonie führen. Fortgesetzte Forschungen werden hier noch zu den interessantesten Wandel- und Uebergangsformen führen, die schließlich die lange Gestaltungsreihe, die uns schon heute vor Augen liegt, noch immer klarer illustriren müssen. Vom unscheinbar kleinen, einzellebigen Zellindividuum einerseits zu den Riesen gleicher Lebensweise, — jenes kaum mit einem, diese mit Tausenden von Zellkernen versehen; — dann ferner von der wohl isolirten Gewebezelle der höheren Pflanzen bis zu deren körperlichen Verschmelzungsformen, den Gefäßschläuchen und Gefäßnetzen hin; dann wieder die von der Einzelamöbe ausgehend sich vollziehenden Verkettungen von Plasmodien immer größerer Ausdehnung; endlich die noch zu großem Theil unaufgeklärten Zellverschmelzungen der thierischen Gewebe mit Entwicklung von allerlei gestalteter und gegliederter Zwischensubstanz, — alle diese Gestaltungsreihen entrollen uns ein Gesammtgemälde allmählich sich vervollkommnender und ebenso im Gesammtinteresse

sich wieder aufgebender „Persönlichkeit" der Zellen, welches allein schon ausreicht, die wahre Wesenheit lebendiger, organischer Gestalten und Individuen in's richtige Licht zu setzen. Mit den morphologischen Individualisirungs- und Verschmelzungsreihen gehen sicher parallele ähnliche Reihen dynamischer Einzel- und Eigenbegabungen der Zellen und Zellgenossenschaften Hand in Hand.

9. Thierische Zellen und Gewebe.

Es sind bisher die Verhältnisse der organischen Zellen und ihrer Protoplasmaleiber zwar im Allgemeinen entwickelt, aber doch wesentlich durch Beispiele aus dem Pflanzenreich erläutert und der Vorstellung zugänglich gemacht worden. Nunmehr ist nöthig, im Vergleich damit die thierischen Zell- und Gewebeformen noch einigermaßen zu durchmustern, um klar zu legen, ob diese mit jenen übereinstimmen, oder ob und in welchen Stücken sie von denselben abweichen.

Wir haben verfolgt, wie der lebendige Protoplast sich sein Zellstoffhaus baut, wie die Pflanzenzellen, einzelne lebend oder zu mancherlei Genossenschaften verbunden, die so künstlichen und großen Gebäude, welche die Pflanzenleiber darstellen, zu Stande bringen. Zum Aufbau einer tausendjährigen Eiche gehören recht vielerlei Arten von Zellen. Ein künstlicher architectonischer Plan muß mittelst ungezählter Milliarden von Einzelzellen ausgeführt werden. Dieselben werden wie Bausteine einzeln verwendet oder erst in größeren, vielgliedrigen Formen verkittet oder verschmolzen zum Aufbau aller der vielen Glieder des Riesenbaus angewendet. Zu complicirten Gängen und Gallerien, Balkengerüsten und Wasserleitungen müssen zahllose Einzelzellen ihre Einzelwesenheiten drangeben, um als vereinte architectonische Formstücke in Wirksamkeit zu treten. An Größe und Masse vermag kein thierischer Körper sich mit den tausendjährigen Riesen des Pflanzenreichs auch nur entfernt zu messen.

Was die Bewältigung des todten Stoffes, die Erreichung kolossaler Maaße betrifft, so ist im Pflanzenreich das Höchste geleistet, was von den lebenden Wesen unseres Erdplaneten bis jetzt erreichbar ist. Mithin bedarf es dazu besserer technischer Anstalten nicht.

Gleichwohl heischt der Aufbau des Thierkörpers noch viel künstlichere Einrichtungen zur Ausführung seines Planes. Ganz andere Aufgaben treten für diesen heran. Viel schwierigere und mannigfaltigere Bedürfnisse sind hier zu befriedigen. Der thierischen Psyche soll ein feinerer Apparat zur besseren Ausübung feinerer Thätigkeiten zu Gebote stehen. Die Pflanze steht meist fest und ernährt sich auf ihrem Standort durch ruhige Einsaugungsarbeit. Das Thier soll seiner Beute nachjagen. Es bedarf der Bewegung und zu deren Veranlassung der Empfindung. Die Pflanze führt die ihr zuständigen Bewegungen — mit wenigen Ausnahmen — sehr langsam aus. Dem Thier sind plötzliche, hastige, überaus schnelle Bewegungen mit bedeutender Kraftentwicklung unerläßlich, soll es seine Lebenszwecke erreichen und sein Leben selbst nur erhalten. Die äußeren Eindrücke müssen mittelst besonders fein hergerichteter Sinnesapparate schnell und sicher aufgefangen und vorstellbar im Centralorgan reproducirt werden. Es müssen ihnen entsprechende Bewegungen verschiedenster und kräftigster Art auf dem Fuße folgen können. Dazu reichen die Bauformen der Pflanzenzellen nicht aus. Die Pflanzenglieder, so bewegungsreich ihre Einzelprotoplasten im Innern seien, sind dazu nicht geschickt. Die Bewegsamkeit thierischer Gliederung und die Reizbarkeit, die dieselbe in Thätigkeit setzt, muß ungleich viel bedeutender sein.

Sprünge und Schläge auszuführen bedarf es der festen und doch leicht gelenkigen Hebelwerke, der kräftig ziehenden Taue, der elastisch rückwirkenden Feder- und Zugvorrichtungen. Um die Reize dazu hin und her zu leiten sind erst recht ganz

absonderliche Telegraphenverbindungen erforderlich. Um das vielfach künstliche Geräth zu errichten, zu ernähren, gangfähig und geschmeidig zu halten, muß leicht transportables Nährmaterial ganz besonders wirksamer Art überall zur Hand sein oder im Augenblick überallhin beschafft werden können. Um die materiellen Zug- und Stoßkräfte von Atom zu Atom jeder Zeit auszulösen, muß der allgemeine Aufwiegler, der Sauerstoff, zur Allgegenwart innerhalb des thierischen Körpers, und zwar augenblicklich, gebracht werden können.

Was stellen sich da der Zellen-Architectur, der Protoplastenarbeit für gewaltige Aufgaben! Kann sie allein dieselben leisten? Und wie bringt sie das fertig? Nirgends finden die frei waltenden Gestaltungskräfte im Organismus eine hellere Beleuchtung, als bei Betrachtung der langen und bunten Formenreihen der thierischen Baumaterialien, wie sie aus der plastischen Zellenthätigkeit zu Stande kommen.

Es sind wesentlich fünf Züge, durch die sich die thierischen Zellgestaltungen von den pflanzlichen unterscheiden. Zunächst machen sich die Thierzellen keine Zellstoff-Umhüllung. Viele bleiben nackt, andere umgeben sich mit Häuten, die ihr Leben lang zarter, schmiegsamer, bildsamer bleiben als die Cellulosewand der Pflanzenzelle, und auch dabei größtentheils in ihrer chemischen Zusammensetzung dem Protoplastin selbst näher stehen.

Damit ist zweitens eine viel größere Neigung und Befähigung der Einzelzellen gegeben, zu Individualitäten höherer Ordnung zu verschmelzen, wodurch die plastische Bildsamkeit der Gewebe erheblich gewinnt.

Und wiederum folgt daraus eine stärkere Auslagerung von organisirtem Bildungsmaterial aus dem Umfang des einzelnen Zellwesens heraus in seine Umgebung, sei es als geformte Umpanzerung der eigenen Haut, sei es als gestalten- und massenreiche Zwischensubstanz in den Zellzwischenräumen,

sei es endlich geradezu als Auflagerung der plastischen Erzeugnisse einer Zellgenossenschaft auf eine andere. Hiermit ist denn besonders einer reichen Formenbildung ein weites Gebiet der Technik eröffnet.

Andererseits besitzen viertens die thierischen Zellen auch in stärkerem Maaße die Neigung, sich zu gliedern, ohne die Gliederungen vollkommen zu wirklich selbstständigen Tochterzellen auszubilden. Theilung des Mutterzellindividuums in verschiedenem Grade zur Herstellung verschieden geformter und also verschieden wirksamer, innerer Abzirkungen, die dennoch alle im Umfang der Mutterzelle zur Einheit verbunden bleiben, treten häufiger als bei Pflanzen, zumal bei einzellebigen Thierzellen auf. Dafür ist schon die häufiger vorkommende Vielkernigkeit der Zellen ein plastisches Symptom.

Endlich tritt in den Thierkörpern eine für den Pflanzenorganismus noch gar nicht bekannte Erscheinung auf. Es finden sich Einzelzellen in safterfüllten Zwischenzellräumen, — also Gefäßen oder dergleichen, — frei umherschwimmend, welchen nach heutiger Kenntniß die Fähigkeit zusteht, sich hie und da zwischen anderen Gewebzellen anzusiedeln, sich wieder mobil zu machen und sich auch wohl zu vervielfältigen.

Somit schwingt sich die organische Plasticität der Zellen in der That auf eine höhere künstlerische Stufe, und es ist leicht in kurze Uebersicht zu bringen, was nun dadurch ausführbar wird.

Die Zellen mancher thierischen Gewebe zeigen zum Theil die überraschendste Aehnlichkeit mit Pflanzengewebzellen. Sie haben ihren deutlichen Protoplasten nebst Kern und Kernkörperchen, mit differenter, deutlicher Umhäutung. So die Fettzellen, die Knorpelzellen, viele Epithelzellen und andere (H. 6; 1—3). Es werden von diesen die einfachen Formen des Parenchyms und der Hautgewebe der Pflanzen nachgeahmt. In den Häuten der Zellen wiederholen sich die pflanzlichen Schichtungen sowohl wie die Tüpfel- oder Porenkanäle derselben, wie

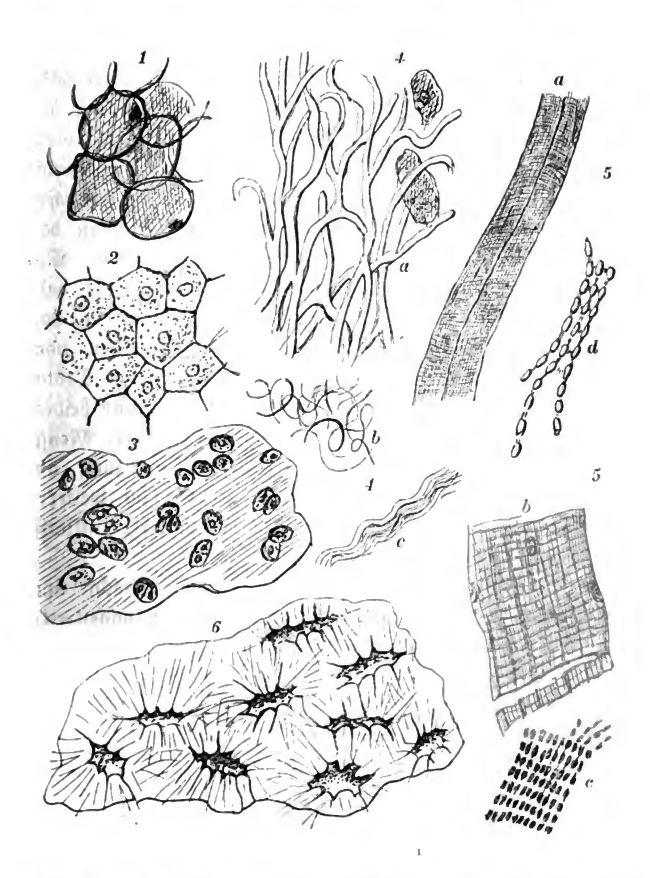


Fig. 6. Thierische Gewebe verschiedener Form und Ausbildung. — 1. Fettzellen. — 2. Epithel-Zellen, von der Fläche gesehen. — 3. Knorpelzellen in der Zwischensubstanz, zum Theil noch in Theilungsstellung. — 4. Bindegewebe und elastische Fasern verschiedener Form, a, b, c. — 5. Muskelgewebe, Theile der Fasern in steigender Vergrößerung; a u. b zeigen die Längs- und Querstreifen, c u. d die sehr stark vergrößerten Protoplasmatheilchen, welche diese Erscheinung hervorrufen, unter Druck auseinanderweichend. — 6. Knochengewebe mit Zellresten und deren feinen strahligen Kanälchen.

in manchen Hautzellen und im Knochengewebe (6; 6). Auch die Einlagerungen werden ebenso ausgeführt. Nur ist das Material anders. Wir sehen als Haut bildende und verstärkende Substanzen statt der Cellulose und der gummiähnlichen Stoffe von den thierischen Geweben eiweißartige Verbindungen angewendet. Demgemäß ist auch eine flüssige, nicht gerinnbare Eiweißform, — neuerdings Pepton genannt, — wie es scheint in ähnlicher Weise ein Anfangs-Assimilat, das zu vielem Ferneren das Material bildet, wie die Stärke im Pflanzengewebe. Aus diesem werden dann mancherlei Verbindungen hergestellt, bald Mucin oder Chitin von den Hautzellen, bald Chondrin, von den Knorpelzellen, bald Glutin, von den Knochenzellen, vom Sehnen- und Bindegewebe. Wir sehen hier Fett vom Protoplasma fabricirt auftreten, dort Kalk abgeschieden, und beides, letzteren besonders im Knochengewebe, in viel größerer Menge in seinem Raum oder außerhalb seiner Umgrenzung abgelagert. Jene erst genannten Stoffe gehören im weiteren Sinne der Albuminatreihe, mithin der Gruppe der stickstoffhaltigen organischen Verbindungen an.

Die Ausformung des Zellumfanges ahmt zunächst noch weiter die vegetabilischen Grundlagen nach. Langgestreckte Faserzellen finden sich als Bestandtheile der Sehnen, des Muskelfleisches der feinsten Blutgefäßchen u. s. w. Ein oder mehrfach geschwänzte Zellen sind den Ganglien oder Nervenknoten charakteristisch und laufen in die Nervenfäden aus. Sternförmige, vielverzweigte, oft sehr fein gegliederte Zellformen treten in verschiedenen Bindegeweben auf, selbst schon im Gewebe jüngster Anlage im thierischen Keim.

Dann aber gelangen durch geschickte Combination der Gestaltung der Einzelzellen mit deren erwähnten Ausscheidungen die eigenthümlicheren Formen der Thiergewebe zur Ausbildung. In den Knorpeln (6; 3) erzeugen sich z. B. aus den immer dicker werdenden Wandungen der Einzelzellen dichte und mäch-

tige Zwischenmassen, innerhalb deren schließlich die Protoplasten mit ihren Kernen, oft in Theilung begriffen oder ganz vereinzelt, zu liegen pflegen. Solche Zwischenmassen lassen oft im reifen Zustand in sich ein netzartiges Faserwerk innerhalb einer gleichmäßigen Grundsubstanz erkennen. Es haben die ehemaligen Wandproducte der Zelle noch deutlichere Gestaltung gewonnen und sich so noch plastisch wie auch chemisch umgeändert. Freilich liegt hier noch manche nicht ganz aufgeklärte Form protoplastischer Thätigkeit verborgen (Fig. 6; 3, 4 a—c).

Im Knochengewebe zeigen sich regelmäßig gestellte Schichten ehemaliger Zellen mit ausstrahlenden Röhrchen versehen (6; 6), — ähnlich wie die sogenannten Knorpel- oder Steinzellen der Pflanzen mit ihren sternartig vertheilten Porenkanälchen anzusehen, — in eine von ihnen erzeugte sehr feinfaserige, mit Kalksalzen durchlagerte Zwischenmasse eingebettet. Am buntesten endlich werden die Formen zur Herstellung der Häute und der sogenannten Bindegewebe zusammengefügt. Einzelne Zellen verschiedener Form füllen ihre Zwischenräume durch mancherlei lange, feine Faserbildungen aus, welche bald glatt und lang neben einander, bald zwischen einander gewunden und verwebt, hier derbere, dort weichere, theils feste, theils elastische Hüllen, Polster und Ausfüllungsmassen für die verschiedensten Zwecke herstellen und durch allerlei Kitt verbunden sind (6; 4). Solche Ausfüllungs-, Kitt- und Hüllmassen können je von einer Zelle für ihre eigene Umgebung, aber auch von mehreren Zellen ringsum für eine Centralzelle bevorzugter Art gebildet werden, wie z. B. Letzteres bei der thierischen Eizelle der Fall ist. Nur in solchem Falle sollte man dieselbe „Zellkapsel" nennen. Uebrigens ist noch nicht ausreichend ermittelt, wie weit die Formbestandtheile dieser Bindegewebe, zumal alle die seltsamen Fasern in der That nur Zwischen- und Außenbildungen der Zellen sind, oder ob nicht vielleicht

doch viele von ihnen als unvollkommen entwickelte Theil- und Abgliederungszellen zu betrachten seien.

Wie aber schon oben hervorgehoben ist, daß es besonders die zur Wirthschaftsführung thierischer Existenzen erforderlichen Sinnesreize und Lauf- und Greifbewegungen sind, welche vorzugsweise künstlich eingerichtete Geräthe erheischen, so erreicht denn auch hierzu die Zellplastik die höchste Stufe ihrer Leistungen. Das mikroskopische Bild einer Fleischfaser aus solchen Muskeln, die in höheren Thierkörpern der willkürlichen Bewegung zu dienen haben, zeigt ein besonders feines und künstliches Gefüge (6; 5). Von dünner Hülle umgeben erblickt man überaus zarte Längs- und Querstreifen einer dem Protoplasma ähnlichen Substanz. Bei stärkster Vergrößerung (c, d) lösen sich die Längsstreifen in kurze Streifchen auf, welche von etwa prismatischer Gestalt, doppelt und stärker lichtbrechend wirken, als eine Zwischensubstanz, in die sie eingebettet und durch die sie in Längs- und Querrichtung zusammengehalten werden. Zwischen diesen überaus kleinen, prismaförmigen Substanzverdichtungen sind sogar noch ganz kleine Zwischenscheibchen beobachtet worden. So zeigen sich die Prismastäbchen längs und quer reihen- und schichtweise geordnet und besonders in Längsrichtung fester zusammenhaltend. Wir müssen nach heutiger Kenntniß der Sache an eine derartige feine Gliederung der innern Masse des Protoplasmaleibes denken, wie sie einigermaßen an die feinste Structur der Zellkerne, deren oben gedacht ist, erinnert, und die sich vom Umfang gegen das Innere hin aus der soliden Masse des großen Protoplasten heraus differenzirt. Daß wir es mit dem innern Zellleibe dabei zu thun haben, wird dadurch in's Licht gestellt, daß die häutige „Scheide“ solches „Muskel-Primitivfasers“, nebst dem ursprünglichen Primordialschlauch, an ihrer Innenfläche eine Mehrzahl von Zellkernen trägt. Solcher Fasern liegen nun Tausende zusammen in Bündeln und können durch

Nähern oder Entfernen der Protoplasmaknötchen bald länger und dünner, bald dicker und kürzer werden und dadurch einen kräftigen Zug ausüben oder durch Nachlassen die Wirkung desselben wieder aufheben. Eine feine Verschiebung der Protoplastin-Theilchen in den Faserknötchen ist also, — wie gerade an diesem Beispiel recht klar in's Licht tritt, — hier die einfache Ursache der gewaltigsten mechanischen Effecte. Der tödliche Schlag, den die Tatze des Bären führt, wird lediglich durch geringe, aber sehr plötzlich erfolgende Molekelverschiebung in den Muskelfasern dieses Organes ausgeführt. Wie dabei freilich der durch den Nerven geleitete Willensreiz die Atome packt, um sie zu verschieben, das wissen wir zur Zeit noch nicht. Es scheint nur, daß die einfachen Fadenzellen, welche die Endungen der feinsten Bewegungsnerven ausmachen, sich mit den Protoplasmaleibern der Muskelfaserzellen seitlich verlöthen.

Die allem Protoplasma geläufige Umlagerung seiner Theilchen wird hier durch regelmäßiges Gefüge derselben und Einordnung einer verwandten, aber festeren Substanz selbst so geregelt, daß dergleichen gewaltige Wirkungen als einfache Ergebnisse solcher Einrichtung zu Stande kommen. Gleichsam im bescheideneren Bilde zeigen uns die sogenannten „ungestreiften Muskelfasern", welche theils zu unwillkürlichen, theils zu weniger energischen Bewegungen innerer Organe, theils als Besitzthum weniger vollkommener Thierformen vorkommen, gewissermaßen sowohl die ganze Erscheinung, als das dazu nöthige Geräth, indem sie, wie schon gesagt, wesentlich nur aus feinen, langen, ein-, seltener mehrkernigen Faserzellen einfacher Form gebildet sind.

Sehr typische Zellen stellen sich besonders im System des thierischen Empfindungsapparates, in den „Ganglien" dar. Ein Protoplasmaleib mit deutlichem Kern — auch deren zwei — und mit differenzirter Haut bildet die einfachste derselben.

Andere zeigen einen einseitigen Fortsatz oder nach zwei oder mehreren Richtungen auslaufende schlauchartige Ausläufer, welche in die einfachen Nervenfasern unmittelbar übergehen. Diese schlauch- oder fadenförmigen Zellgebilde besitzen einen in ihre Binnensubstanz eingelagerten „Axenfaden" („Axencylinder"), wiederum aus sehr zartgestreifter Protoplasmasubstanz gebildet und, — wie es heute wahrscheinlich scheint, — aus dem Protoplasten der Ganglienzelle entspringend, der wohl der eigentliche Träger der sie durchlaufenden Reize ist. Ob derselbe bloß dem Kern der Ganglienzellen entstammt, ist noch nicht klargestellt und zur Zeit kaum wahrscheinlich. Es setzt sich aus Ganglienzellen und Nervenfäden eine Art Gegenbild galvanischer Leitungen und Batterieen zusammen, welche die Thätigkeit des ganzen Apparates als Leiter der Empfindungs- und Willensreize, als Empfänger der einen und Herd der andern in gewissem Maße leichter vorstellbar macht. Je vollkommener der thierische Organismus, desto größere Massen von Ganglien- und Nervenzellen häufen und verknüpfen sich zur Herstellung von Fäden, Strängen, Knoten, kleineren und größeren Massen jeder Dimension, aus denen dann das weit verzweigte System der Bewegungs- und Empfindungsnerven, die einzelnen Sinnesorgane und endlich vor Allem das Gehirn aufgebaut werden. Zumal die letztgenannten Einrichtungen lassen alle feinsten tectonischen Kunstgriffe erkennen, mittels deren die künstlichsten Gefüge, Leitungen, Verbindungen und vielleicht Reizherde hergestellt sind, von deren Bau im Feinen wir erst wenig, von deren muthmaßlicher Verrichtung wir noch viel weniger kennen.

In den einzelnen Sinnesorganen, vom allverbreiteten Tastsinn an bis hinauf zum vornehmsten Sinn, dem der Lichtempfindung werden nun Nervenzellen und -Fäden in mannigfacher und besonderer Weise ausgeformt. Schließlich enden dergleichen an Stellen, wo wir die Aufnahme des von außen

eindringenden Sinneseindruckes annehmen müssen. Hier finden wir, je nach der Art der Sinneswahrnehmung gebildet, stäbchen-, zäpfchen-, keulenartige Enden in verschiedener Anordnung mit allerlei Umhüllung und Nebenwerk, bald in Form von Kapseln, bald von Bechern oder sonstigen Scheiden, versehen und im Innern noch wieder in mancherlei Weise geformt und gegliedert. Es liegt auf der Hand, daß hier jede der verschiedenen Sinnesempfindungen ihr besonders gebildetes Geräth erheischt. Je vornehmer der Sinn, dem das Organ dient, desto feiner differenzirt und desto räthselhafter geformt erscheinen die Nervenenden, die ihm zur Verfügung stehen. Die künstlichsten sind die in der „Netzhaut" des Auges. Man hat über die Art, wie sich diese oder jene plastische Einrichtung zu dieser oder jener Empfindung der äußern physikalischen Kräftewirkungen, der Lichtäther-, Wärme- und Schallschwingungen, der Berührung chemisch wirkender Substanzen, den mechanischen Stößen jeder Art gegenüber verhält, mancherlei Vermuthungen gewagt. Allein wenn man auch den Sitz der Empfängniß des ersten sinnlichen Eindrucks und zum Theil auch den der psychischen Perception theilweis richtig taxiren mag, so vermag man über die innere Wirksamkeit all der einzelnen Gliederungen dieser complicirten Apparate noch fast nichts Bestimmtes auszusprechen.

Es ist aber zumal hier gar nicht der Ort, auf derlei Einzelfragen weiter einzugehen. Es genüge, eine knappe Skizze von der Gestaltenreihe entworfen zu haben, welche die thierischen Protoplasten einzeln oder in Gesellschaft entfalten müssen, um ihrer Gesammtaufgabe gerecht zu werden. Denken wir uns nun die hautbildenden und parenchymatischen bald zarten, bald festen Zellen, die Faser- und Sternzellen mit allen ihren Hüll- und Zwischenbildungen von festem oder elastischem Fadengeflecht und sonstiger Füllmasse, dazu die künstlichen Nerven- und Muskelfasern mit Zubehör geschickt vertheilt und

zwischen einander gefügt, so erhellt ohne Weiteres, wie aus der gesteigerten Bildsamkeit der Einzelzelle nunmehr auch den künstlicheren Bauplänen der Thier- und Menschenleiber Genüge geschehen kann.

Durch Schichtung solches verschiedenen zelligen und faserigen Baumaterials können feste und weiche Massen jeder Art, Skelet, Fleisch, Bänder, Häute, Haare u. s. w. hergestellt werden. Durch Vertheilung ähnlicher Elemente in anderer räumlicher Anordnung höhlen und wölben sich Behälter und Gefäße aller Art, Magen, Därme, Blutadern und Lymphgänge, Luftröhren und Lungen. Zellgesellschaften, welche die Kunst verstehen, statt plastische Gebilde um sich her zu lagern, eigenthümlich wirksame Säfte zu fabriciren und in oder außer sich abzusondern, fügen sich zu Drüsengebilden. Diese sorgen für die vielerlei chemischen Reagentien, welche die so künstliche Stoffwandlungsarbeit des Thierkörpers in größerer Mannigfaltigkeit als der Pflanzenkörper gebraucht. Sie sorgen ebenso für mechanisch erforderliche Schleime, Fette und ähnliche Körper zum Geschmeidighalten des Bewegungsgeräthes.

Dann aber tritt vor Allem in besonderer Bedeutsamkeit jene oben hervorgehobene, den Thieren speciell eigene Erscheinung frei beweglicher Nährsäfte und freier lebendiger Einzelzellen auf, die in denselben schwimmen. Aus Zwischenräumen, die zwischen großen Mengen einzelner haut-, faser- und muskelbildender Zellschichten durchkanalisirt werden, entstehen die Blutgefäße, Arterien wie Venen. Nur ihre letzten haarfeinen Verzweigungen, mittels deren die einen in die andern übergehen (die „Capillargefäße"), werden aus wenigen zusammengefügten, einfachen Faserzellen gebildet. In ihnen bewegt sich das Blut, d. h. der Saft, welcher die für die verschiedenen Zellgenossenschaften nothwendigen chemischen Bestandtheile, in erster Linie den sogenannten „Faserstoff", einen Körper der Albuminatgruppe, enthält und jedem Gewebe nach Bedarf zu-

führt. Der gewaltige, arbeitsame Hohlmuskel, Herz genannt, treibt als Saug- und Druckpumpe diese Flüssigkeit im Körper der vornehmeren Thiere umher. Im Blute schwimmen freie Einzelzellen von zweierlei Art. Zunächst rothe, die Träger der Blutfarbe, nackte Protoplasten eigenthümlich linsenähnlicher Gestalt, von sehr geringer Größe. Bei vielen Thieren (Amphibien und Vögeln) vollständige Zellenleiber mit Kern darstellend, haben sie beim Menschen und den höheren Säugethieren einen deutlich differenzirten Kern bisher nicht erkennen lassen, höchstens eine centrale Anschwellung ihrer sonst beiderseits etwas eingedrückten Linsengestalt. Ob diese wirklich gar nicht in Protoplasma und Kern differenzirt sind, oder ob es nur noch nicht gelungen ist, irgend eine derartige Differenz zu entdecken, bleibe dahingestellt. Diese Ungleichheit ist eine überaus auffallende. Allein es ist auch noch nicht gelungen, das oben erwähnte Nucleïn in den menschlichen Blutkörperchen nachzuweisen. Während die Blutflüssigkeit („Serum") wesentlich wohl die Nährstoffe überall hinliefert, dürften die Blutzellen eine hervorragende Rolle beim Vorgang der Athmung zu übernehmen haben, mittelst dessen der aus der Atmosphäre aufgenommene Sauerstoff überallhin geschafft wird, um in den Zellen aller bildsamen Gewebe die nöthige Oxydation und Wärmeentwicklung zu veranlassen.

Neben den rothen Blutzellen („Blutkörperchen") finden sich im Blut auch die „weißen". Größer, von ächter Zellphysiognomie, bewegen sie sich als freie Amöbenzellen, strecken Fortsätze aus und verändern ihre Gestalt beliebig. Sie werden zunächst als die Jugendform der rothen Blutkörperchen angesehen, welche in den Zottenfortsätzen der Darmhaut aus der assimilirten Nährflüssigkeit, — wohl innerhalb der Zottenzellen durch irgend einen Theilungsprozeß derselben, — gebildet werden, und dann später in rothe Blutzellen übergehen. Diese amöboiden, weißen Blutzellen sind es aber auch, welche aus

allen Gewebtheilen des Thierkörpers in der so zu sagen abgebrauchten, verflüssigten Masse derselben, der Lymphe, wieder zum Vorschein kommen und durch den Athemweg dem echten Blut wieder zugeführt werden. Endlich sind sie es, die in Geschwülsten offenbar als plastisches Baumaterial aus dem Blute abgegeben, zwischen Bindegewebstheile eindringen und abgelagert werden oder endlich auch in Form von Eiter frei werden. Auch bei normalen plastischen Vorgängen scheinen sie als Gewebebildner eine ähnliche Rolle zu spielen. Auch vermögen sie sich, wie es solchen Urzellen nöthig ist, durch Theilung zu vervielfältigen. Sehr wichtig wäre, gerade die Genesis und ganze Entwicklung dieser im Innern des Thierkörpers einzellebigen Zellen recht sicher zu kennen. Doch läßt sich nicht leugnen, daß eben hierüber, zumal über die erste Herkunft derselben aus anderen lebendigen Zellen und die genetische Continuität ihrer Generation noch manches Räthsel zu lösen bleibt.

Besonders merkwürdig sind diese Generationen lebendiger, frei schwimmender Zellenleiber im Thierorganismus aber eben dadurch, daß sie ohne unmittelbare Berührung mit den eigentlichen Gewebezellen, die stetig an ihrer Stelle aus einander erzeugt werden und von einander abhängen, dennoch dem Bauplan des Ganzen am sorgfältigsten und emsigsten Folge leisten. Sie finden den richtigen Ort, wo sie nöthig sind, und treten ein, wo die festgelagerten Gesellschaften der Schwesterzellen ihrer bedürfen.

Die Betrachtung dieser freien und doch durch die Gesammtbildungsregel gebundenen Thätigkeit der Blutzelle im Verein mit gewissen complicirten Gestaltungsprozessen von mancherlei thierischen Organen lassen uns die Wirkungsweise organischer Entwicklungsvorgänge nunmehr in ihrem hellsten Lichte erblicken. Dahin nur, wo die Ausbildung der individuellen Form es erheischt, dahin wird das Baumaterial geliefert, da setzt das Blut seine gelösten Bildstoffe zu festen Gestaltungen ab, da

landen und gruppiren sich die beweglichen Zellen. Von außen einfließende Kräftewirkungen können davon nicht die Ursache sein, denn die Formen der thierischen Organe bilden sich heraus gleichgültig für die Lage gegen die Wirkungsrichtung der Schwere, des Lichts, der Wärme u. s. w. Die Neubildungen vollziehen sich immer dort und in der Weise, wo und wie sie erforderlich sind, um dem Ganzen, das werden soll, seine specifische Gestalt zu geben, nicht aber dort und in solcher Weise, wie es zufällige Kräftevereinigungen hier und dort ausführen möchten. Die Neuzellen entstehen, wo der Plan es vorzeichnet, wie der Werkstein da eingefügt wird, wo der Meister eines Baues es vorgezeichnet hat. Und wo die neue Zelle entstehen soll, dahin müssen die schon bestehenden älteren Zellen das Material abliefern.

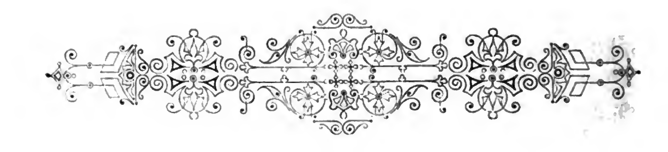
Von der ersten Theilung der Eizelle an wird auf Ausführung der Schlußform, die herauskommen soll, hingewirkt, indem aus erst gleichen Zellen, die unter gleichen Umständen leben, immer mehr ungleiche, generationsweis immer mannigfaltiger differenzirte hervorgehen. Die einen nehmen diese, die andern jene Form an, die einen bleiben nackt, die anderen umhüllen sich, oder scheiden nach außen Zwischensubstanzen aus, mittelst deren sie zu einer plastischen Gesammtmasse verschmelzen. Andere vereinigen sich sofort zu Individuen höherer Ordnung. Auch eine Wiederwegnahme ganzer Gewebtheile kann im Arbeitsgange erforderlich und also ausgeführt werden. Die Knochen höherer Thiere werden großentheils erst als Modelle aus Knorpelzellgewebe angelegt und dann stückweis wieder ausgelöst und durch Knochengewebe ersetzt. In staunenswerther Weise schaaren und gruppiren sich an tausend Orten eines Organismus zugleich die verschiedensten Zellarten, formen sich aus und damit die Stücke Bauwerk, die sie ausführen sollen, und passen diese endlich zu den überaus complicirten Knochen-, Muskel-, Gefäß- und Hautsystemen zusammen, die

einen Thierkörper ausmachen. So kommt die künstlichste Maschine zu Stande und fängt an zu arbeiten, sobald es nur die erzielte Ineinanderpassung ihrer Theile möglich macht. Die Schlußform einer Entwicklung im Organismus ist also nicht Folge, sondern Ursache der Atombewegungen, welche Molekel für Molekel fügen, Zelle für Zelle zusammensetzen und ausbilden. Das zeigen schon bei vorstehender oberflächlicher Betrachtung die Vorgänge der organischen Gewebebildung.

Der Entwicklungsgang eines größeren und vornehmen Thierkörpers aus seinem Keimzustand legt mithin eine nach bestimmtem Ziel hinstrebende Reihe von Bildungen vor Augen. Ebenso thut es die lange Formenreihe der Thierarten selbst, welche selbständig neben einander leben. An die kleinsten thierischen Einzelzellen reihen sich wie im Pflanzenreich immer zellen- und formenreichere Individuen. Wir sehen vielfach Formen vor uns, die gewissermaßen die einzelnen Stadien in jenem individuellen Entwicklungsgang als Dauerformen darstellen. Mannigfaltiger noch als im Pflanzenreich schreitet hier der Gestaltungsprozeß vom Einfachen zum Zusammengesetzten. Besonders den thierischen Gebilden ist z. B. die eigenthümliche Weise sehr allmählich erst eintretender Differenzirung einer Zelle zur Mehrzelligkeit eigen, wie sie zunächst durch die Mehrzahl an Kernen oder inneren Protoplasmagrenzen von manchen niederen Thiergeschlechtern (z. B. Vorticellen, manchen Radiolarien und Spongien) schon erwähnt ist. Die organischen Differenzen zwischen Zellen, welche die verschiedenen thierischen Fähigkeiten zu bethätigen haben, Haut-, Fleisch-, Nervenzellen u. s. w., werden in mehrzelligen Thierkörpern erst durch allerlei Vermittlungsformen hindurch endlich in deutlich verschiedene Zellformen ausgeprägt, denn die Verschiedenzelligkeit ist eben Folge des Bedürfnisses, die Arbeit unter mehrere zunächst deutlich getrennte Zellen auszutheilen.

Andererseits beginnt schon innerhalb des einzelligen Organismus die Arbeitsvertheilung an die einzelnen Glieder desselben, die sich der Form nach sondern, ohne schon verschiedene Zellindividuen zu sein. Wie die Zellen der Pflanzen und Thiere gleichen morphologischen Werth haben, so haben sie auch ähnliche fortschreitende Reihen der Formensonderung.





III. Vortrag:

Der Lebensträger.

10. Feinere Leistungen des Protoplasmas.

In den beiden vorhergehenden Vorträgen über das Protoplasma ist der Versuch gemacht worden, aus kurzer Schilderung der plastischen Leistungen dieses räthselhaften Körpers und aus den daran wahrgenommenen Bewegungen eine allgemeine Anschauung von der Entwicklung und Thätigkeit der kleinsten lebendigen Glieder aller Organismen zu gewinnen, welche selbst als Sitz der Lebensthätigkeit anzusehen sind. Es ist erörtert, wie diese bald einzeln, bald in Gemeinschaft, bald sogar auf's innigste zu Arbeitsgenossenschaften vereinigt, bald wiederum sich selbst theilend und vervielfältigend, die Leiber der Pflanzen und Thiere erbauen und zu jeder erforderlichen Verrichtung ausgestalten. An dem Zustandekommen ihrer Werke, wie diese sich unseren — künstlich verschärften — Sinnen darbieten, haben wir ihre Thätigkeit beurtheilt. Es handelt sich nun darum, zu versuchen, wie viel von dieser gestaltenden und erhaltenden Arbeit wir etwa noch in die fei-

neren Züge der Werkthätigkeit im Innersten der Protoplasma-leiber zu verfolgen und zum Verständniß zu bringen, oder doch wenigstens vorstellbar zu machen im Stande seien.

Wir haben bisher lediglich das Entstehen, Wachsen und Umgestalten der Einzelzellen im Ganzen angeschaut, ohne uns darum zu kümmern, woher denn der dazu nöthige Bedarf an Substanz komme, wie er zurecht gemacht und ein jedes Theilchen davon an seinen Ort gesetzt werde. Wie aus den richtig geformten und in genügender Zahl zur Verfügung gestellten Werkstücken, den Zellen, das organische Haus zu Stande kommt, ist im Allgemeinen einzusehen. Aber wie und durch welche Kraft die Zelle selbst aus den kleinsten Atomen gefügt wird, ist noch die Frage. Daß der darin wohnende Protoplast der Künstler sei, der sich selbst und sein Haus gestaltet, haben wir ihm schon auf den Kopf zugesagt. Und daß Alles, was an mechanischer und chemischer Arbeit in den Organismen passirt, werde in erster Instanz auf die Kräftewirkungen zwischen ihren Molekeln zurückgeführt werden können, ist schon Eingangs ausgesagt. Nun fragt sich, wie sich das zutrage. Erst, wenn wir wissen werden, durch welche Naturkräfte jedes kleinste Bestandtheilchen für den Organismus passend ausgewählt, in ihn eingeführt und mit anderen verbunden, dann durch den Körper fortbewegt und an richtiger Stelle, wohin es dem Gesammtplane nach gehört, eingefügt, und endlich wohl noch durch ein anderes ersetzt wird, — wenn wir dann anschauen, wie durch die Bewegungen der Einzeltheilchen die plan- und zweckmäßigen Bewegungen und Gestaltungen des Ganzen sich vollziehen, könnten wir der Lösung unserer Aufgabe uns nahe dünken.

Daß Wasser, Erdboden und Luft die körperlichen Substanzen zum Organismus hergeben müßten, weiß heut zu Tage jedes Kind, und es ist hier nicht der Ort, darauf einzugehen, wie das im Einzelnen ausgeführt werde. Wir müßten sonst,

statt einer Betrachtung des Protoplasmas, die Hauptlehren der Physiologie vorführen. Wir müssen indessen zuvörderst doch ungefähr wissen, wie der Protoplast es macht, sich in Besitz des ihm nöthigen Rohmaterials zu setzen, und wie er seine feinen Arbeiten daran ausführt.

Vor Allem muß er die nährenden Substanzen, die er zurechtmachen und verwenden soll, sich selbst einverleiben. Pflanzen-Protoplasten haben niemals eine Mund-Oeffnung. Sie liegen mit ihrer Außenhaut der sie umschließenden Zellwand, die meist auch weder Fenster noch Thüren hat, innig an. Dennoch ist ihr Innenraum mit Wasser und darin gelösten Stoffen erfüllt. Dabei wird die Zellwand bald erweitert, bald verdickt, und dazu bedarf's der Cellulose-Substanz, die außen nicht zu haben ist, folglich im Zellenleib fabricirt werden muß. So haben Wasser und Lösungen zunächst von außen her die Zellwand und den Primordialschlauch zu passiren, um in den Zellraum zu kommen, und dann den letzteren noch einmal, um als Vergrößerungsmasse in die Zellwand zu gelangen. Um dies zu verstehen, muß man versuchen, sich von dem allerfeinsten Bau dieser Theile ein Bild zu entwerfen.

Lange schon ist bekannt, daß organische Häute für allerlei Flüssigkeiten durchgängig sind, vor allen für Wasser. Wenn eine Pflanzen- oder Thierhaut (Blase, Darmhaut, Zellstoffhaut, feines dichtes Papier u. s. w.) zweierlei wässrige Lösungen trennt, so tauschen sich beide so lange miteinander aus, bis beiderseits gleiche Mischungen zu Stande gekommen sind. Wasser wie Inhalt desselben passiren diese Membranen. Man nennt diese Erscheinung Diffusion oder Diosmose[1]). Man ist schon dadurch gezwungen, sich eine solche Membran mit entsprechenden Durchlässen versehen zu denken, d. h. mit so

[1]) Nur in einer Richtung betrachtet, Endosmose und Exosmose, oder auch bloß Osmose.

kleinen, daß sie weit jenseits der Grenze alles mikroskopisch Sichtbaren liegen. Dies entspricht nun an sich der Vorstellung, daß wir uns angesichts aller seitens der Physik und Chemie ermittelten Thatsachen jeden Körper, sei er organisirt oder nicht, nicht aus continuirlicher Substanz, sondern aus allerkleinsten, diskreten Theilchen, den Atomen, zusammengesetzt denken müssen, welche durch Zwischenräume von einander gesondert sind. Unter dieser Vorstellung lassen sich bisher alle Eigenschaften und Kräftewirkungen der Materie am besten erklären. Diese Zwischenräume, die man sich größer denkt, als die Atome selbst, könnten ja nun schon an sich anderen Atomen den Durchtritt gestatten. Allein Physiker wie Chemiker haben Grund genug gefunden, sich die Körper verschiedenster Art nicht sowohl als Haufen einzelner solcher Atome vorzustellen, sondern als Gefüge von Gruppen derselben, die zum mindesten aus deren zweien bestehen, also Paare sind. Selbst die aus gleichartigen Atomen bestehend gedachten „Elemente" oder einfachen Körper denkt man sich wenigstens aus solchen Paaren gleichartiger Atome gefügt. Die Paarlinge stehen dann innerhalb jedes Paares einander näher, als die Paare untereinander. Die aus mehreren Elementen dagegen zusammengesetzten Stoff-Verbindungen werden aus Molekeln bestehend gedacht, deren jede eine bestimmte Anzahl von Atomen enthält, wie z. B. Wasser zwei Atome Wasserstoff und eins vom Sauerstoff, Kohlensäure ein Kohlenstoff- und zwei Sauerstoff-Atome.

Endlich aber gehen wir in der organischen Naturwissenschaft heut zu Tage noch einen Schritt weiter. Allerlei optische und mechanische Erscheinungen an den organischen Grund-Substanzen, wie Cellulose, Stärke u. s. w., welche hier genauer zu betrachten der Raum nicht gestattet, lassen uns annehmen, daß die Molekeln organischer Substanzen diese auch noch nicht in gleichmäßiger Raumvertheilung ausmachen, son-

dern ihrerseits abermals zu größeren Gruppen vereinigt, so zu sagen, substanzielle Individualitäten dritter Ordnung vorstellen, die dann vielleicht erst die Bausteine zur Zellwand, zum Zellleibe u. s. w. ausmachen. Wenn also z. B., wie es wahrscheinlich ist, eine Gesellschaft von sechs Atomen Kohlenstoff, zehn Atomen Wasserstoff und fünf Atomen Sauerstoff, zusammen also 21 Stück allerkleinster Theilchen, eine Molekel Zellstoff bilden und zu deren Herstellung vielleicht in bestimmter Ordnung näher zusammentreten, als diese Gesellschaften untereinander es thun, so mögen eine Anzahl solcher Einundzwanzigergruppen wiederum unter sich zu geschlossener Gesellschaft höheren Grades enger aneinander rücken, die dann durch verhältnißmäßig noch weitere Zwischenräume von anderen eben solchen getrennt sein mögen. Solche, wenn auch nur hypothetische, doch zur Erklärung mehrerer Phänomene sehr bequeme und in der That recht wahrscheinlich gemachte größere Gruppen sind bald „Micellen", bald „Tagmen" genannt. Dieselben können wir uns aus beliebig hohen Molekelzahlen zusammengesetzt denken, ja es paßt für mancherlei Erscheinungen recht wohl, in derselben organischen Substanz solche von verschiedener Mitgliederzahl anzunehmen. Ob diese Mitglieder einer Micelle, die Molekeln, dabei unter sich in bestimmter Ordnung und zu bestimmter (etwa krystallähnlicher) Form gefügt und ob die Micellen selbst in Reih' und Glied tactisch geordnet zu denken seien, wollen wir einmal, als noch nicht ausreichend klar gelegt, dahingestellt sein lassen.

Die Micellen also, ihrerseits aus einer Anzahl Molekeln zusammengestellt, deren jede wieder aus einer bestimmten Anzahl Atome bestände, wären nun die Werkstücke, welche ihrer Art gemäß zusammengeschichtet und wer weiß wie sonst noch gruppirt, vertheilt oder gehäuft als organisches Baumaterial verwendet werden. Daraus aufgebaute Wände beständen dann also aus gröberen Stücken, zwischen denen größere Entfer-

nungen bleiben, und die ihrerseits aus feineren Stücken gefügt sind, die kleinere Räume zwischen sich lassen, welche aus noch kleineren Theilchen mit noch kleineren Abständen bestehen. Letztere sind die Atome innerhalb des Molekularverbandes, jene die Molekeln innerhalb der Micelleneinheit, erstere die Micellen selbst im Gesammtverein. Der Kitt, der dann Alles zusammenhält, die Theilgesellschaften wie die ganze Anhäufung, ist dann lediglich die Anziehungskraft im kleinsten Raum, wie sie theils als chemische Affinität, theils als Cohäsion bezeichnet zu werden pflegt. Wo sich Atome verschiedener Art zur Molekel vereinigen, pflegt man von Affinität zu sprechen; wo gleichwerthige und gleichgefügte Molekeln oder Micellen sich untereinander binden, wird dies als Cohäsion aufgefaßt. Halten dann größere Körperlichkeiten, also ganze Massen von Micellen oder Molekeln bei Berührung ihrer Oberflächen einander merklich fest, wie z. B. Wasser an allerlei festen Körpern hängen bleibt, so wird dieser Grad der Anziehungserscheinung, wie bekannt, Adhäsion genannt, und in noch weitere Fernen wirkend, heißt die anziehende Kraft der Materie aller Art Gravitation.

Allen diesen, bald der Art, bald dem Grade nach verschiedenen Wirkungsweisen der allen Stofftheilchen innewohnenden Anziehungskraft gegenüber wirkt nun eine Kraft des Auseinanderhaltens und sogar Auseinandertreibens, welche eben die anziehenden Kräfte verhindert, die Atome, Molekeln, Micellen dicht an einander zu drängen. Da die Einwirkung der Wärme alle Körper ausdehnt, so bleibt es einstweilen am einfachsten, die Wärme selbst als das abstoßende Princip gelten zu lassen. Da wir uns dieselbe heut zu Tage am bequemsten als schwingende Bewegung der Körpertheilchen vorstellen, so ist auch weiter vorstellbar, wie schneller werdende und weiter ausfahrende Schwingungsbewegungen der Atome oder Molekeln dieselben auseinandertreiben, abnehmendes Schwingen denselben

aber größere Annäherung gestattet[1]). Wärme und Cohäsion, als Wirkungen wider einander streitender Kräfte gedacht, erklären ohne Weiteres das wechselnde Volumen der Körper und damit auch ihre wechselnde Durchdringbarkeit und ihren thatsächlich verschiedenen Zusammenhalt. Zunehmende Erwärmung erweitert nicht nur den Körperumfang durch Entfernung der Atome unter einander, sondern hebt die Cohäsion endlich so weit auf, daß feste Körper flüssig, flüssige gasförmig werden.

Was aber die feinste Form der Anziehung, die chemische Affinität betrifft, so wirkt diese nicht allein dem Grade nach (quantitativ), sondern auch der Art nach (qualitativ) verschieden zwischen verschiedenen Elementarsubstanzen. Ja gerade dadurch allein unterscheiden sich diese untereinander, daß die Atome einer derselben die der unterschiedlichen anderen nicht nur mit ganz verschiedener Intensität, sondern in bestimmbar verschiedenem Zahlenverhältniß anziehen. Je stärker die Intensität der zwischen den Atomen der verschiedenen Elemente wirkenden Anziehungskräfte, desto größer, — so sagt man, — ist deren gegenseitige Verwandtschaft.

Auf alle diese physikalisch-chemischen Thatsachen und deren zur Zeit geltende hypothetische Erklärung mußte hier zunächst hingewiesen werden, damit wir unsererseits die für uns interessanten Vorgänge zwischen den Stofftheilchen organischer Körper, so weit es eben angeht, darauf zurückzuführen versuchen könnten.

Kommen wir wieder auf den Umstand zurück, daß organische Körper, zumal wenn sie die Form dünner Membranen haben, für allerlei Flüssigkeiten durchgängig sind, so sind wir nunmehr in der Lage, uns das mittels vorstehend skizzirtem

[1]) In wie weit hierbei für mancherlei Schwingungs-Bewegungen noch die Hypothese eines „Aethers", d. h. eines unwägbar feinen Mittels als Ausfüllung alles von Stoffatomen freien Raumes nöthig ist, kann hier unerörtert bleiben.

Bilde der feinsten Structur derselben deutlicher vorzustellen. Die räumlichen Abstände zwischen den Molekeln und Micellen irgend einer derartig durchlässigen Substanz, sei sie organischer oder anorganischer Natur, werden in ihrer Weite zunächst schon durch den Spielraum bedingt, den diese Massentheilchen zu ihren Schwingungen, wie diese irgend ein Wärmegrad veranlaßt, nöthig haben. Dadurch könnten aus diesen Räumen zugleich alle anderen, fremden Atome ausgeschlossen werden, die nicht durch ganz besondere Kräfte in diese Räume hereingezogen oder hineingepreßt werden. Denn was die Cohäsion allein, d. h. die Anziehungskraft zwischen den einander gleichwerthigen Stofftheilchen des Zellstoffs, der die Zellwand bildet, wirken kann, den Raum zu erfüllen, ist geschehen, so weit die Wärmeschwingungen es gestatten. Allein dies Verhältniß wird anders, wenn die Molekeln eines anderen Körpers in den Bereich solcher wandbildender Molekeln kommen, zu denen diese die specielle Anziehungskraft der chemischen Verwandtschaft (Affinität) besitzen. Dies ist aber der Fall zwischen fast allen organischen Substanzen und dem Wasser. Es sind die Wassermolekeln offenbar klein genug, so daß die Affinität der Cellulosemolekeln z. B., die nach innigster Atomannäherung mit ihnen trachten, sie in die Zwischenräume zwischen diesen hereinreißen kann. Und sind selbst dem Wasser noch andere Substanzen beigemengt, welche ebenfalls mit der Cellulose im chemischen Verwandtschafts-Verhältniß stehen, so können auch diese gleiche Behandlung erfahren. Ob also die Zwischenräume der Micellen oder selbst die Molekeln innerhalb der Micellen überhaupt leer von anderen Stoffen bleiben, oder solche aufnehmen können, muß bei allen Körpern solcher Structur davon abhängig erscheinen, ob die Molekeln des einen Körpers denen des andern erstlich ausreichend verwandt, zweitens aber auch klein genug sind, um in die Molekular- oder wenigstens die Micellar-Interstitien eintreten oder sie passiren zu können.

Die Erfahrung hat aber, wie gesagt, gelehrt, daß fast alle organischen Verbindungen in dem Zustand, in welchem sie die Zellhäute oder deren Inhalt während des Lebens ausmachen, sehr viel Wasser enthalten. Wir dürfen uns daher die einzelnen organischen Micellen, die diese Theile bilden, als von Wasserumhüllungen umgeben denken. Die viel kleineren Wassermolekeln werden je nach der Masse der Micellen von diesen durch überwiegende gegenseitige Anziehungskraft zu mehr oder weniger dichten und verschieden mächtigen Hüllschichten versammelt und festgehalten. Und es können dadurch nicht allein die Micellar-Interstitien völlig ausgefüllt werden, sondern es vermögen sich sogar die Cellulose-Micellen durch überwiegendes Hereinziehen von Wassermolekeln durch immer mächtigeres Anhäufen ihrer Wasser-Sphäre sogar von einander zu entfernen, also ihre Zwischenräume zu erweitern. Es kann nicht Sache dieser Besprechung sein, die dynamische Möglichkeit dieses Vorgangs hier nachzuweisen. Wir lassen uns einstweilen an der Thatsache genügen, daß das Hereinziehen von Wassermolekeln in die Gesellschaften der Molekeln der Cellulose und ähnlicher Substanzen, deren Molekulargruppen von einander zu entfernen und damit natürlich das Volumen dieser Körper entsprechend zu vergrößern vermag. Natürlich geht das zunächst so weit, bis die überwiegende Cohäsionskraft der Cellulose-Molekeln jeder weiteren Entfernung derselben unter einander Halt gebietet. So hat jedes Stückchen Cellulose oder Stärke also einerseits das Bestreben, Wasser zu „imbibiren" und dadurch selbst zu „quillen"; doch nur in bestimmtem Maße. Dagegen gibt es auch organische Substanzen, deren Verwandtschaft zu Wasser größer ist, als der Zusammenhalt ihrer eigenen Molekeln. Dieselben saugen dann Wasser in sich herein und quillen darin bis zum Uebermaß, bis endlich alle Cohäsion besiegt ist, und die Molekeln des erst festen Körpers mit und zwischen den Wassertheilen selbst in den fast zusammenhangs-

losen Zustand einer Flüssigkeit übergehen. So thun es besonders die Gummi- und Schleimarten, die deshalb als Colloid-Substanzen bezeichnet werden.

Die Eigenschaft, Wasser zu imbibiren und damit zu quillen, bedingt nun in überraschender Weise die Befähigung der organischen Körper, zumal der Cellulose- und Protoplasma-Membranen, zu allen den physikalisch-chemischen, molekularen Arbeiten, denen sie obzuliegen haben. Schon eine poröse Thonwand gestattet, daß sich verschiedene Flüssigkeiten, die durch dieselbe von einander getrennt werden, innerhalb ihrer feinen Oeffnungen einander berühren, und, wenn sie mit einander Affinität besitzen, sich unter einander mischen. Die Mischung setzt sich durch die Wand in beiden Richtungen fort, bis sie durch die beiderseits derselben befindlichen Flüssigkeitsmassen gleichmäßig vollzogen ist. Solche „Diffusion" (oder „Diosmose") wird natürlich außerordentlich in ihrem Erfolg begünstigt werden, wenn die Durchlaß-Oeffnungen, d. h. die Micellen oder Molekel-Zwischenräume durch den Ein- und Durchtritt von Wasser noch erheblich erweitert und bequemer gemacht werden können, und wenn durch beliebig zu steigernden Wassergewinn dem organischen Körper zugleich die Möglichkeit wird, sich auch in den Besitz von allerlei im Wasser gelösten Körpern zu setzen.

Es ist hier nicht der Ort, die Gesetze der Diffusion weitläufiger anzugeben. Es genüge zu wissen, daß organische Häute, die beiderseits von Wasser benetzt sind und dasselbe also von beiden Seiten her aufnehmen können, die in demselben beiderseits etwa gelösten Stoffe, wenn sie auch mit diesen selbst Affinität besitzen, mit in sich einschlucken und durch sich durchlassen müssen. Genau nach Maßgabe der Verwandtschaft der Lösungsstoffe zur Membran, zum Wasser und zu einander muß sich ihr Eintritt in die Membran, ihre Anhäufung in derselben, ihr Durchgang durch diese und

ihre jenseitige Mischung regeln. Die Anziehungskraft der organischen Micellen oder Molekeln muß je nach der Stärke ihrer Verwandtschaft zu einander Wasser und Lösungsmittel in ihrer Flüssigkeitshülle sich häufen oder dieselben und deren Zwischenräume mehr oder weniger leicht passiren lassen, um sie damit den gleichzeitig wirkenden Anziehungskräften der Flüssigkeits-Molekeln selbst zu überlassen. Man stelle sich nun alle diese zwischen und durch einander in die Kreuz und Quer und doch gesetzmäßig wirkenden Kräfte vor. Zunächst die Cohäsion der Molekeln und ihrer Gesellschaften unter einander, dann die zuerst überwiegende, dann eben durch die Cohäsion begrenzt wirkende Anziehung derselben, zu den Wassertheilchen, deren An- und Einsaugung; ferner die Anziehung der Wassermolekeln unter sich und die zu den zwischen ihnen vertheilten Molekeln der Lösungsstoffe; endlich die verschiedene Affinität der Membran zu diesen Lösungsstoffen und die derselben unter einander. Man erwäge dann die hieraus folgende Anhäufung von Wasseratomen und Lösungsatomen in den Hüllen der Cellulosemicellen oder vielleicht auch innerhalb derselben in ihren Molecularzwischenräumchen, den Austausch von Wasser- und Lösungs-Molekeln unter diesen Wasserhüllen je nach ihrer Affinität oder auch unter den neutralen Gebieten zwischen denselben von einer Seite der Membran zur andern. Man wird dann ein Bild so wechselnder Bewegung der verschiebbaren Theilchen der flüssigen Stoffe zwischen den ruhenden der festen Membran sich entfalten sehen, daß dadurch die Ermöglichung jedes stofflichen Austausches innerhalb einer solchen ohne Weiteres vorstellbar wird.

Damit stimmen denn nun die Thatsachen, die wir sinnlich wahrnehmen können, und bestätigen und stützen überall das aufgeführte Hypothesengebäude. Stellen wir uns noch einmal die in lebendiger Arbeit begriffene pflanzliche Zelle vor, die durch die Zellwand und den Primordialschlauch rings ge-

gen die Umgebung abgeschlossen, innen zwischen den Protoplasmatheilen mit wässrigem Safte und darin gelösten, verschiedenen Stoffen erfüllt erscheint. Denken wir uns eine solche Zelle von Wasser umgeben, in welchem Stoffe verschiedener Art, wie sie die Zelle zu ihrer Ernährung oder sonstiger Verrichtung bedarf, molekelweise vertheilt, d. h. gelöst sind. Stellen wir uns ferner eine ausreichend wirksame Affinität vor zwischen den Stoffen im Zellinnern und denen draußen und zwischen allen beiden zur Zellhaut und der Protoplasmasubstanz. Alsbald sehen wir dem Verkehr zwischen innen und außen, dem Austausch der Stoffe zwischen den Theilen des Protoplasmas und der Cellulosewand tausend und aber tausend Wege offen stehen. Die Wand hat aufgehört, als ein fester Verschluß zu erscheinen; sie ist ein Sieb, das alles Mögliche passiren läßt.

Aber doch mit Auswahl. Auch ein Sieb läßt nur wählerisch durch, was fein genug zertheilt ist. Das ist eben der Nutzen, den seine Verwendung hat. Ebenso die Zellhäute. Alle die zahllosen Eingangspförtchen sind von mindestens eben so viel Thürhütern bewacht. Jede zwei Micellen (oder auch vielleicht Molekeln, wenn wir auch innerhalb der Micellen noch „intermolekulare“ [aber „intramicellare“] Wassererfüllungen annehmen) sind scharfe Wächter, welche mit den ihnen einmal eigenen wählerisch anziehenden und abstoßenden Kräften begabt, streng auskiesen, was passiren soll, und die Passageschnelligkeit regeln.

Dies liegt denn nun bei den einfachsten Versuchen zu Tage, wenn man nur beobachtet, wie sich der Verkehr des Inhaltes einer gegebenen Zelle mit verschiedenen ihr dargebotenen Flüssigkeiten, die sie von außen benetzen, ordnet. Wählen wir als Beispiel gewisse organische Farbstoffe, wie sie sich überall bieten. Wir erblicken, daß das Wasser, in welchem sie gelöst sind, Zellwand und Primordialschlauch passirt, die Farbe

aber nicht. Wohl pflegt sie von der Cellulosewand durchgelassen zu werden, doch das Protoplasma versagt ihr, — und zwar so lange als es lebendig ist, — den Durchtritt. Der Zellinhalt bleibt von der Färbung frei. Gewisse Salze, Zucker und dergleichen, im Wasser, das die Zelle umgibt, gelöst, vermögen, wenn die Lösung genügend concentrirt ist, von dem Wasser, das dem Zellinnern angehört, einen größeren Theil herauszuziehen, bis innen und außen die Concentration und damit die Anziehungsursachen einander die Waage halten. Solche Lösungen läßt der Primordialschlauch auch nicht durch, oder doch nicht so schnell, wie das Wasser. Dann wird der Zellinhalt an Wasser ärmer, an Volumen geringer, und die demselben entzogenen Wassertheile sammeln sich mit der sie hinausziehenden Substanz zwischen dem beraubten Protoplasmaleib und der Zellwand. Jener fällt zusammen, lieber, als daß er die Salz- oder Zuckermolekeln passiren ließe. Ist solcher Zucker- oder Salzlösung dann noch ein Färbstoff oben erwähnter Art gleichzeitig beigegeben, so erblicken wir das interessante Bild eines innerhalb seiner eigenen Behausung geschrumpften, verkleinerten, beraubten, aber doch farblos gebliebenen Protoplasten, der in farbiger Flüssigkeit liegt, die nicht blos sein Zellgehäuse umspült, sondern in dasselbe eingedrungen ist, von ihm selbst aber abgewiesen bleibt. Das Gegenbild zeigt sich, wenn wir einen Zellenleib, der selbst im innern Saftraum farbige Stoffe enthält, der Behandlung mit Salz- oder Zuckerlösung unterwerfen. Dann wird der Protoplast ebenso von dieser ausgesogen, bleibt aber dabei allein im Besitz des Farbstoffes, durch den ausgezeichnet, er in der umgebenden, nun farblosen Flüssigkeit liegt. Was hier durch die Färbung in's Auge fällt, passirt ebenso mit vielerlei anderen farblosen Stoffen. Sehr viele derselben werden indessen, — und dies sei schon hier mit Nachdruck bemerkt, — vom Primordialschlauch durchgelassen, sobald derselbe abstirbt, was

nicht selten durch dauernde Berührung mit solchen wasserentziehenden Stoffen ohne Weiteres geschieht.

Aus diesen Erscheinungen erhellt nun mit völliger Klarheit, daß verschiedene organische Stoffe sich für die Diffusion von Flüssigkeiten sehr verschieden nachgiebig verhalten. Und die einfachste Erklärung dafür ist die, daß die Protoplasma-Theilchen einander näher stehen, als die Cellulosemicellen. Das Gitter, das jene bilden, ist zu fein, als daß die zu großen Farbstoff-, Zucker-, Salzmolekeln durchkönnen. Das Cellulosesieb dagegen ist weitmaschig genug. Indessen dies braucht's nicht allein zu sein. Die verschiedene Intensität der anziehenden und abstoßenden Kräfte kann den Molekeln, die passiren wollen, den Ein- und Durchmarsch ebenfalls erleichtern oder erschweren helfen. Fest steht, daß das Substanznetz, das die Außenhaut des Protoplasten selbst ausmacht, viel fester und dichter schließt, als der Molekularaufbau der Cellulosewand. Diese ist, — so scheint es, — mehr um des Durchlassens, jene mehr um des Abwehrens willen gebildet. So ist das Zellinnere gewissermaßen durch ein inneres engeres und ein äußeres weiteres Gitter, Sieb oder Netz für sich abgeschlossen und dadurch für Regelung seines Verkehrs sehr wohl eingerichtet.

Das Gitter, welches diesem Bilde nach der Primordialschlauch vorstellt, ist nun freilich, wie man sich erinnern wird, kein einfaches. Dieser Theil des Protoplasten ist ja, wie oben vor Augen gestellt ist, gegen die Cellulosewand sowohl, wie gegen den Zellraum in gleicher Weise durch eine Hautschicht abgeschlossen, während zwischen diesen beiden Grenzlamellen sich weniger dichte, selbst flüssige Protoplasmatheile vertheilt finden. So handelt es sich also genau genommen beim Eintritt von Flüssigkeiten in die Zelle um eine ganze Reihe von Stationen auf der Eingangsstraße. Zunächst müssen sie den Eingang in die Zellstoffwand gewinnen, sodann deren Masse

anfüllen und durchsetzen, dann durch die äußere Hautschicht des Primordialschlauches dringen, dessen Zwischensubstanz passiren, aus dieser durch die innere Primordialmembran in den Zellraum gelangen und sich endlich in diesem vertheilen. Da wir aber beobachtet haben, daß die Zellstoffhülle den Eintritt von Wasser und allerlei Lösungsstoffen durch ihre große Affinität zu denselben erleichtert und fördert, so sind die maßgebenden Punkte wesentlich die Passirung der Primordialmembranen und die schließliche Ankunft im Zellinnenraum. Im Primordialschlauch muß natürlich die dichteste seiner Schichten, deren Theilchen einander am nächsten stehen, die Situation ihrerseits beherrschen. Wir wissen aber nicht, ob dies die innere oder äußere Hautlamelle desselben ist, können nur vermuthen, es sei die äußere. Sei es aber die eine oder die andere, so wird, was durch das engste Protoplasma-Maschenwerk durchgelassen wird, das so zu sagen die Paßhöhe auf der Reise durch alle Zellumwallungen vorstellt, auch sicher von außen bis in's Zellinnerste gelangen.

Bei dem eben erwähnten normalen Zustand befinden sich nun stets im Zellsaft Lösungen organischer und anorganischer Stoffe, Zucker, Dextrin, Kali-, Kalk- und andere Salze verschiedener Art in einer Concentration, bei welcher sie überaus begierig auf Wasserbesitz, selbst kaum oder gar nicht den Protoplasmaschlauch passiren können, also in seine Leibeshöhle gebannt bleiben. Da nun Wasser die ganzen Befestigungswerke der Zelle, Zellwand und Primordialschlauch, nicht nur von vorn herein, wie schon gesagt ist, erfüllt, sondern auf das Leichteste passirt, so wird dasselbe in beliebiger Menge von den Lösungsstoffen in den Zellraum gezogen werden, bis es denselben erfüllt. Auch dann aber erlöschen die Affinitätskräfte der Zell-Inhaltsstoffe nicht, sie trachten durch fernere Wasseraufnahme das eigene Volumen zu vergrößern und üben nun einen Druck auf die Zellumhüllungen aus. Derselbe sucht diese zu erwei-

tern, was ihm auch gelingt, soweit die Elasticität der Zellwand der dehnenden Kraft nachgibt. Dann aber leistet die Cohäsion in der Wand Widerstand, und es tritt ein Zustand von Spannung ein, durch den nunmehr alle Theile der Zelle unter einem gewissen gleichmäßigen Druck stehen. Wir nennen diesen Zustand den der Quellung, Turgescenz oder schlechthin Turgor. Einzeln existirende Zellen, solche z. B., die frei im Wasser schwimmen, erscheinen im Turgor straff nach allen Seiten gespannt und geschwollen, und soweit ihre Umhüllung nachgiebig ist, nähert sie sich der Kugelform. Zellen im Gewebeverband dagegen pressen mit ihren Seiten- und Endflächen einander, nehmen polyedrische Gestalten an und theilen so den Druck aller an alle so gleichmäßig mit, als ob sie alle als communicirende Gefäße unter einheitlichem hydrostatischem Druck ständen. Und in der That sind sie dies, und thun sie dies vermittelst der Communicationswege aller ihrer Molekular-Interstitien.

Dieser einfach endosmotisch erzeugte Turgor der vitalen Zellen ist nun zunächst für ihre Wachsthumserscheinungen von erster Wichtigkeit. Wir können mittels desselben sofort einen Hauptzug der Wachsthumsmechanik verstehen. Nehmen wir einmal an, der Primordialschlauch enthalte zwischen seinen Protoplastin-Micellen als Metaplasma fertige Cellulose in Vorrath und in Berührung mit der Zellwand. Nehmen wir an, diese werde durch den Turgor gedehnt, in ihren einzelnen Theilen gereckt, die einander festhaltenden Cellulose-Micellen also über die normale Cohäsionslage auseinander gezerrt. Dann folgt, daß diese zur Befriedigung ihrer Anziehungskraft in ihre überweiterten Abstände immer neue von jenen disponiblen Cellulosetheilen im Primordialschlauch zu sich heran und zwischen sich herein ziehen werden. Gleichzeitig werden diese durch den Druck des Zellinnern gegen das Protoplasma und die Wand in jene entstandenen Abstände hineingepreßt, und

somit durch Zug und Schub zwischen die älteren Zellstoffmolekeln eingefügt. Dadurch wird die Zahl der Cellulosemolekeln, die die Wand bilden, größer, und diese selbst wird der Fläche nach ausgedehnt. Wir nennen solches Verfahren ein Wachsthum durch „Intussusception", und es ist wahrscheinlich, daß die Mehrzahl aller organischen Wachsthumsvorgänge so ausgeführt wird. Alle diese Fälle einzeln durchzugehen, würde zu weit führen. Wir begnügen uns, an diesem Beispiel gezeigt zu haben, wie das Flächenwachsthum der Zellwand lediglich eine Art molekularer Thätigkeit, ein Ergebniß von Kräftewirkungen ist, welche zwischen den Atomen selbst sich vollziehen. Die Flächenerweiterung der Zellwand hat die Vergrößerung der Zelle, sei es allseitig, sei es in einzelnen Richtungen, zur Folge, diese die Ausdehnung der Zellgewebe, diese wieder das Wachsthum und die Gestaltung des ganzen Pflanzenstockes. So wächst, wie oben vorhergesagt, der Baumstamm hunderte von Fußen hoch durch Arbeit der Atome, die ihn aufbauen.

Allein wir haben neben der molekularen Erklärung der Quellung und des durch diese ausgeübten Druckes die Annahme gemacht, daß im Protoplasma neue Zellstoffvorräthe zur Hand seien. Wo kommen aber diese her?

Wir beriefen uns oben auf die erfahrungsgemäß im Zellinnenraum der Regel nach enthaltenen Lösungen von allerlei Stoffverbindungen. Darunter sind solche, die auch außerhalb des Organismus im organischen Boden vorhanden, also in dem Wasser, das die Pflanze aus diesem aufnimmt, gelöst sind. Dieselben werden mittels des besprochenen Diffusionsverfahrens, insofern sie der Cellulose und dem Protoplasma ausreichend verwandt sind, um Einlaß zu erhalten, ohne Weiteres in's Innerste aufgenommen, zugleich mit dem Wasser selbst. Treffen sich nun derlei Stoffe im Wasser des Zellraums unter einander und mit den darin schon existirenden organischen oder an-

organischen Lösungskörpern, so liegt auf der Hand, wie hier sofort neue Verbindungen entstehen können. Wie durch die Wahlverwandtschaft bei jedem chemischen Verfahren zu einander geführte Verbindungen kreuzweise einander spalten und zu neuen Vereinigungen zusammentreten, so muß Aehnliches im Innern der organischen Zelle geschehen. Nur daß hier die weit bunteren und mannigfacheren Atomgruppirungen der schon vorhandenen organischen Körper wiederum zu noch verschiedeneren neuen Vergesellschaftungen führen müssen. Und in der That sehen wir in der innersten safterfüllten Leibeshöhle lebendiger Zellen bei Eintritt von Lösungen von außen her dergleichen Neubildungen entstehen, die bald im Saft gelöst, bald aus demselben in fester Gestalt niedergeschlagen werden.

Was indessen hier im freien Innenraum einer Zelle in dem Flüssigkeitsgemenge vor sich geht, das denselben ausfüllt, müßte sich doch auch in einem andern Gefäß ausführen lassen, in welchem möglichst dieselben Stoffe gemischt werden, wenn sie den gleichen physikalischen Bedingungen ausgesetzt würden. Niemals aber hat es bisher gelingen wollen, eine derjenigen Stoffverbindungen auf solche Weise außerhalb des Organismus herzustellen, welche innerhalb desselben eine Rolle bei seiner Gestaltungsarbeit spielen, wie Zellstoff, Zucker, Albuminate u. dgl. Nur gewisse Umwandlungen derselben aus einer Form in eine andere ähnliche sind möglich geworden. Die organischen Verbindungen stammen stets nur aus den Zellen selbst. Man nehme nun hierzu die Thatsache, daß man, wie schon Eingangs gesagt ist, auch in solchen Zellen, die bloß noch aus Umwandungen bestehend des Protoplasmas entbehren, derartige Stoffverbindungen niemals hat entstehen sehen. Man wird dann zweifeln, ob das Zusammentreffen der Rohmaterialien im Zellraum allein zur Bildung wirklich organischer Atomgenossenschaften führen könne. Und man wird zugleich fragen, woher denn überhaupt die ersten organischen Stoff-

verbindungen selbst im Innern des freien Zellraumes stammen, welche innerhalb desselben im Wasser gelöst mit den neuen Ankömmlingen neue organische Verbindungen machen könnten, wenn dies wirklich der Fall wäre. Man wird sich dann zunächst an den Protoplasmaleib selbst gewiesen sehen und diesen auf seine Arbeitsfähigkeit genau zur Rechenschaft ziehen.

Der Protoplasmaleib in seiner Ganzheit, d. h. der Primordialschlauch nebst allen Gliedern, ist oben im zweiten Capitel in seiner Gestaltung so dargestellt, daß er ein allseitig, gegen die Zellwandung, wie gegen alle inneren Safträume, durch membranartige Schichten abgeschlossener Körper ist. Derselbe kann also mittels der in seinem Innern etwa enthaltenen, endosmotisch wirksamen Stoffe für sich ebenso einziehend wirken, wie dies die Stoffe des Zellraumes für sich und in ihrem Interesse thun. Die weicheren Theile des Hyaloplasmas, zusammt dem flüssigen Enchylema, verhalten sich der Erfahrung nach wie Colloidsubstanzen. Wenn indessen die den Zellinnenraum ausfüllenden Lösungsstoffe Wasser aus der Umgebung der Zelle und darin gelöste, salzartige, anorganische Körper hereinsaugen, so müssen diese ja schon hierbei den Protoplasmaleib wenigstens in allen seinen, den Umfang bildenden Theilen vollständig durchtränken. So käme er schon, selbst ohne eigene, endosmotische Thätigkeit, in Besitz beliebig vielen Wassers und beliebig vieler darin vertheilter Molekeln von Kalk- und Kalisalzen verschiedener Art. Dieselben müssen überall zwischen den Protoplastin-Molekeln vertheilt sein, je nachdem es deren Zwischenräume gestatten, und je nachdem deren Affinität sie zu fesseln vermag. So werden wir nicht irren, wenn wir uns das Innere des lebendigen Protoplasmaleibes vorstellen als ein Gerüst aus Protoplastin-Micellen, deren Zwischenräume von einem flüssig-beweglichen Gemenge loser Protoplastin-Molekeln, welche den Micellenverbänden zur Zeit nicht angehören, von Wassermolekeln und Salzmolekeln verschiedener



Fig. 1. A Eine noch im Wachsen begriffene Zelle aus parenchymatischem Gewebe mit Zellstoffwand (2), Primordialschlauch (3–4), Kern (5), Kerntasche (6), Kernkörperchen (7) und Protoplasmabändern (8). Ueber 1000mal vergrößert. Die Richtung der Körnchenströme ist durch Pfeile angegeben. — B Ein Stück aus den Wandungen noch stärker vergrößert; Wände der Nachbarzellen: 1; eigene Zellwand: 2; äußere und innere Hautschicht des Primordialschlauchs: 3 u. 4; Chlorophyllkörper: 9.

Art erfüllt und durchspült sind. Alle diese werden nicht allein durch ihre gegenseitigen Affinitäten zu einander gezogen, nicht allein durch die Affinität der Protoplastin-Micellen als Hülle um diese auf's Innigste zusammengehäuft, sondern außerdem noch durch den Turgor des Zellinhaltes gedrängt, der gegen die innere Primordialmembran drückt und den ganzen Primordialschlauch in der Querrichtung zu pressen, in der Flächenrichtung zu recken trachtet.

Hierzu kommt aber noch ein anderes Verhältniß. Wir kennen die genaue Zusammensetzung eines Protoplastin-Molekels aus seinen Kohlen-, Wasser-, Sauer-, Stickstoff- und Schwefel-Atomen freilich noch nicht. Wir wissen aber, daß alle Albuminate hinfällige Verbindungen sind, leicht zerlegbar und umgestaltbar. Wir wissen, daß derartige chemische Verbindungen deshalb ebenso leicht zerlegend, umordnend, neu vereinigend auf andere einwirken, die in ihr Machtgebiet kommen. Sie geben gewisse Atomgruppen gern an andere Verbindungen ab, verändern diese dadurch, während sie sich selber anderweitig aus ihrer Nachbarschaft wieder restituiren. So können durch innige Berührung gewisser Verbindungen mit dergleichen wirksamen Körpern neue chemische Erzeugnisse jeder Zeit hervorgebracht werden. Sind nun gar die durch solchen Contact wirksamen Molekeln unter sich noch verschiedener Art und in verschiedenem Verhältniß gemischt, sind sie verschieden mit allerlei anderen Stoffen, die ihrer Wirksamkeit zugängig sind, gemengt, so kann eine große Mannigfaltigkeit von Verbindungen daraus hervorgehen.

Durch solche — freilich zunächst nur speculative — Zergliederung des Zustandes im Protoplasma öffnet sich nun unserer biochemischen Phantasie eine weite Perspective auf ein reiches und fruchtbares Entwicklungsfeld. Die Vorstellungen, die auf demselben zur Zeit erwachsen, können selbstverständlich nicht auf den Rang thatsächlicher Wahrheiten Anspruch erheben.

Wohl aber ist ihnen eine nicht geringe Berechtigung, für wahrscheinlich zu gelten, nicht abzusprechen. Versuchen wir, sie im Zusammenhange zu entrollen.

Der Protoplasmaleib erhält durch Imbibition und Diffusion von außen durch die Zellwand und die äußere Primordialmembran Rohmaterial, d. h. Wasser, Salzlösungen, dazu Kohlensäure und Sauerstoff. Er erhält aus dem Zellinnern durch die innere Primordialmembran gelöstes organisches, etwa schon vorgebildetes Material verschiedener Art. Die Masse des Protoplasmaleibes sei zunächst als Gemenge verschiedenartiger Protoplastin-Molekeln oder Micellen vorgestellt. Dieselben bilden, mehr zusammengedrängt, die festeren, beweglich und lockerer gelagert, die flüssigen Theile des Hyaloplasmas. Jeder Uebergangsschritt der Dichtigkeit in der Lagerung findet bei diesen Statt. Desgleichen jederlei Größe der Micellen und jederlei Gruppirung derselben. Nun wirken die sich kreuzenden Affinitäten aller dieser einzelnen oder gruppirten Molekeln örtlich verschieden. Wahlvermögen und Stärke der Anziehung, nach verschiedenen Richtungen unterschiedlich ausgeübt, kann die verschiedensten Atomgruppirungen veranlassen. Die oben erwähnte Contactwirkung der Abspaltung gewisser Atomgruppen größerer Molekeln, die sich mit anderen vereinigen, und die Reproduction von diesen veranlassen kettenartig fortschreitende Neu- und Umbildungen. Ungleichheit des ganzen Gemenges und seiner Dichtigkeit läßt an verschiedenen Orten verschiedene Präparate hervorgehen; bestimmt wiederkehrende Combinationen von Atomgruppen und deren Kräftewirkungen geben wiederholt gleiches Fabrikat. Sind flüssige Stoffe auf diese Weise zu festen, organisirten Metaplasmen umgewandelt, nehmen also an Menge im Protoplasmaleibe ab, so müssen sie nach den Regeln der Diffusion aus dem Zellraum oder durch die Zellwand dem Bedürfniß nach neu geliefert werden. Die innige Annäherung verschiedener Atome in den Flüssigkeitshüllen der Protoplastin-

Micellen oder auch wohl in deren inneren Molekular-Zwischenräumen führt in Verbindung mit der Contact-Wirkung des Protoplastins und seiner Genossen zu Atomvereinigungen, die sich ohne das nicht vollziehen würden. Wärmeschwingungen fördern und begünstigen die Umlagerung, Mengung und Neubildung der Atomgruppirungen. So werden nicht allein neue Protoplastin-Molekeln entstehen und sich zu Micellen schaaren, sondern es können sich Zucker, Zellstoff, Gummi und andere Amyloide, es können sich auf diese Weise die verschiedensten organischen Verbindungen herstellen, lediglich unter dem örtlich verschiedenen Einfluß der unter sich verschiedenen Constellationen der Protoplasmatheilchen und unter dem Druck, den die Flüssigkeitsspannung vom Zellraum her und die Affinität im Protoplasma selbst ausüben. Daß hiernach das aus allerlei verschiedenen, größeren und kleineren, dicht oder locker gestellten, ruhenden und beweglichen Protoplastin-Micellen zusammengesetzte Innere des Protoplasmaleibes mehr Anspruch darauf hat, als Hauptwerkstatt für biochemische Fabrikate aller Art angesehen zu werden. als der bloß mit einem passiven Stoffgemenge erfüllte Zellinnenraum, wird hiernach wohl zuzugeben sein.

Freilich sind uns die dabei nothwendigen Umwandlungsschritte der Atomgruppirung, die in dieser Werkstatt vorzunehmen sind, noch ganz unbekannt. Und am wenigsten wissen wir über das Zusammenfügen des hauptsächlichsten Rohmaterials, des Wassers und der Kohlensäure, zum ersten Assimilat zu sagen. Bekannt ist nur, daß wenn von den Lauborganen der Pflanze Wasser und Kohlensäure aufgenommen sind, innerhalb derselben alsbald ein Amyloid, meist Stärke, zur Erscheinung kommt. Gleichzeitig wird ein großer Theil des Sauerstoffes, den jene zwei Körper enthielten, wieder in Freiheit gesetzt. Die übrig bleibenden Atome, Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff, — wie schon oben gesagt, 21 an Zahl, — werden



zu einer Stärke-Molekel zusammengeschweißt. Ob auf einmal oder allmählich, weiß man nicht zu sagen, vermuthlich letzteres. Wohl aber weiß man, daß dieser schwierige Act des Zusammenarbeitens der dreierlei Elemente zur ersten Grundlage alles Organischen nur einer Kraftäußerung ausführbar ist, der der Lichtschwingungen. Wie aber diese, als deren Träger man den hypothetischen Lichtäther annimmt, es in der That anfangen, die trägen Atome jener Stoffe in dieser bestimmten Weise zusammenzufügen, ist noch durchaus räthselhaft. Und noch mehr umschleiert sich dies Räthsel, wenn wir die Thatsache erwägen, daß die Einwirkung der Lichtstrahlen nur unter einer einzigen Bedingung zu diesem Ergebniß führt. Es muß nämlich dazu dem Protoplasma ein gewisser, den Pflanzen eigener und in ihnen erzeugter, grüner Farbstoff (welcher ein wenig Eisen enthält) beigemengt sein. Gewöhnliches, farbloses Protoplasma ist machtlos über Kohlensäure und Wasser. Das grüne allein, welches deßhalb durch das ganze Pflanzenreich als unentbehrliches Organ verbreitet ist, ist der schwierigen Aufgabe der ersten Assimilation von Wasser und Kohlensäure zu organischer Substanz gewachsen. Diese erscheint innerhalb des grünen Protoplasmas zuerst sicher erkennbar in Form von Stärkekörnchen. Daß diese sehr zusammengesetzte Verbindung nicht direct aus jenen einfachen Körpern entstehe, läßt sich denken, doch ist über ihre vermuthlich flüssigen Vorstufen noch nichts sicher bekannt.

Das grüne Protoplasma wird Chlorophyll (Chloroplasma) genannt, und seine Entwicklung und Vertheilung durch die Pflanzenzellen ist ein Gegenstand von hervorragender Bedeutung. Das Chlorophyllgrün selbst kommt eigenthümlicher Weise auch nur unter Lichtmitwirkung zu Stande und zwar der Regel nach in den dazu bestimmten Protoplasmagliedern selbst, sobald die kleine Zuthat von Eisen zugegen ist. Sonst kennen wir seine Zusammensetzung so wenig genau, wie den Vorgang seines

Zustandekommens. Neuerdings wird diesem grün gefärbten Protoplasma auch noch die Verrichtung zugewiesen, die weiter unten zu besprechende Sauerstoffathmung der Pflanze zu reguliren und am Ueberarbeiten zu hindern. Mit welchem Recht, wird genauer darzulegen sein. Die assimilatorische Leistung hängt nicht nur von der Helligkeit des Lichts im Allgemeinen ab, sondern auch von der Farbe desselben. Sie findet im gelben Licht ihre beste Rechnung.

Ist dann einmal durch das Chloroplasma das erste Assimilat gewonnen, so scheint dies alsdann in jedwedem anderen Protoplasmatheil nach dem in oben entworfenem Bilde vorgestellten Verfahren umgeformt werden zu können. Schrittweis wird Stärke in andere Amyloide, wie Zucker oder Dextrin, diese wieder gelegentlich in Stärke oder Fett umgeformt; es entstehen verschiedene Albuminate, als Endproducte schließlich Zellstoff und Protoplastin. Es werden unterwegs organische Säuren, Gerbstoffe, Alkaloide, Farbstoffe und sonst eine Menge von biochemischen Verbindungen hergestellt, deren Aufzählung hier nicht zur Sache gehört. Es treten bei allen diesen Umwandlungen zu den ersten Rohmaterialien, Wasser und Kohlensäure, die dem Erdboden entnommenen Salze hinzu, die bald hier und dort als Reagentien in den chemischen Werkstätten gebraucht oder dem Zellbau selbst zu verschiedenen Zwecken eingefügt werden. Alle diese Arbeiten vollziehen sich selbstverständlich nicht in einer und derselben Zelle. Vielmehr überliefert eine das Material der anderen. Mittels der offenen Diffusionspforten von Hand zu Hand gereicht, thut ein Protoplast diesen, der andere jenen Theil der Arbeit, bis alles Erforderliche geleistet ist.

Dabei ist nun noch besonders bemerkenswerth, wie durch Erfahrung genau festgestellt ist, daß keinerlei chemische Molekulararbeit in irgend einer organischen Zelle mittels des jetzt geschilderten Apparates, stehe diesem auch das reichste Material

von rohen und auch selbst schon organisirten Nährstoffen zu Gebot, zu Stande kommen kann, wenn nicht fortdauernd noch eine ganz bestimmte andere Zuthat zur Hand ist. Dies ist eine gewisse Menge freien Sauerstoffs. Thiere und Pflanzen leben nicht ohne zu athmen. Athmen heißt, oberflächlich genommen, Sauerstoff von außen aufnehmen und dafür Kohlensäure abgeben. Irgendwo im Innern des thierischen und pflanzlichen Körpers also muß disponibler Kohlenstoff die Verbindung mit dem aufgenommenen Sauerstoff eingehen und dann in Gestalt von Kohlensäure ausgeschieden werden. Dies vollzieht sich mit höchster Wahrscheinlichkeit stets nur innerhalb der Einzelzellen, im Innern ihrer Protoplasmaleiber. Woher auch der Kohlenstoff hier genommen werde, um dem aggressiv hereintretenden Sauerstoff zum Opfer zu fallen, so wird immer die Verbindung dieser Körper als eine Art Verbrennungsvorgang aufzufassen sein, bei dem Wärme frei wird. Es werden außerdem durch dies Eingreifen der Sauerstoffatome, da freier Kohlenstoff im Organismus nicht vorkommt, Verbindungen irgendwelcher Art dazu geopfert werden müssen, ihn zu liefern. Am natürlichsten werden dies die sogenannten Kohlenhydrate — z. B. Zucker, Stärke und Fette — sein, die man deshalb vielfach geradezu als eine Art von Brennmaterial anschaut, mittels dessen in den organischen Zellwerkstätten eingeheizt, und welches geradezu dieses Bedürfnisses halber in großer Menge in den thierischen Körper aufgenommen werden muß. So könnte auch im Pflanzenkörper ein Theil der gewonnenen Stärke überallhin an die Protoplasma-Leiber abgeliefert, von diesen in solcher Weise zu Wärmeproduction, also als mechanische Kräftequelle benutzt werden. Ob dies aber die einzige Eingriffs- und Wirkungsweise, und ob die Amyloide oder Fette die alleinigen oder wesentlichsten Kohlenlieferanten seien, steht dahin und dürfte zu bezweifeln sein. Schon bei Mangel an diesen im Thierkörper müßten die Molekeln stickstoffhaltiger Substanzen

(Albuminate u. dgl.) herhalten, um verbrannt zu werden. Aber ganz abgesehen davon kann man sich leicht vorstellen, daß die Sauerstoffatome unter den complicirten Druck- und Affinitätsverhältnissen im Protoplasmakörper ohne Weiteres in die Micellen desselben einbrechen, sie zertrümmern, mittels ihrer Bruchstücke neue Verbindungen herstellen, jenen aber sich zu restituiren überlassen, damit das an sich schon labile Affinitäts-Gleichgewicht noch hinfälliger machen und so die stete Um- und Neubildung der Protoplasma-Erzeugnisse im lebendigen Fluß erhalten. So würde durch den Sauerstoffeintritt nicht nur durch Erzeugung mechanischer Kräftewirkungen, sondern auch zu directer chemischer Umwandlung die Triebfeder geliefert, die in der That als wahre Urfeder, — wie man gern sagt, — für den Lebensgang der Organismen angesehen werden kann. Die Unentbehrlichkeit dieses Vorgangs läßt ihn dann auch sogar noch fortschreiten, wenn die Aufnahme von Sauerstoff von außen her zeitweise gehemmt ist. Freilich kann dies alsdann nur unter noch größerer Aufopferung von organisirter Substanz geschehen. Doch wollen wir diese abnorme Athmung oder Oxydation, die an sich noch sehr räthselvoll ist, hier nicht weiter verfolgen.

Sehr bemerkenswerth ist hierbei, daß die Athmung wie die übrigen Thätigkeiten des farblosen Protoplasmas, zumal alle Bewegungen darin, besonders durch gewisse Theile des Sonnenlichtes, die blauen, violetten, selbst die unsichtbar ultravioletten, angeregt werden.

Daß der eingeathmete Sauerstoff in der Pflanzenzelle auch im inneren Zellraum noch Oxydationsvorgänge veranlassen könne, ist nicht zu läugnen. Inwiefern diese wichtig oder auch nur erforderlich seien, ist zur Zeit noch nicht einzusehen.

Haben wir uns nun anschaulich zu machen versucht, wie der Protoplasmaleib in seinem verschiedenartigen Gefüge und

mittels seiner unterschiedlichen eigenen Bestandtheile und eingenommenen Nährsubstanzen der zweckmäßigste Neubildungsherd für allerlei chemisch-organische Verbindungen sein werde, so bleiben noch immer einige Fragen zu beantworten, die damit im Zusammenhang stehen.

Wie gelangen zunächst die Fabrikate des Protoplasmas dorthin, wohin sie — mit Ausnahme derer, welche dasselbe zu eigenem Wachsthum und eigener fernerer Arbeit zurückbehält — bestimmt sind? Zunächst ist es wiederum das Diffusionsverfahren, das hier zur Geltung kommt. Wie die Nährstoffe durch dies in's Innere der Protoplasmawerkstatt gelangen, sobald hier Mangel an denselben ist, so müssen die daraus hergestellten Producte flüssiger Art, insofern sie etwa im Zellraume fehlen, rückwärts aus dem Protoplasma hinaus in diesen wieder hinein diffundiren. Ingleichem müssen sie in die Molekularräume der Zellwand imbibirt und durch diese hinaus in benachbarte Zellen hinein ausgetheilt werden, wo nur immer Mangel daran und Bedürfniß danach herrscht.

Außerdem aber haben wir oben den Druck erörtert, den die Wasserübersättigung, der Turgor, im Zellraum gegen den Primordialschlauch und über ihn hinaus auf Zellwand und benachbarte Zellen hin ausübt. Es liegt auf der Hand, daß das dadurch gepreßte Protoplasma alles Entbehrliche aus seinem Inhalt gern wird fahren lassen. Nun ist durch vielerlei Erfahrung festgestellt, daß bei immer gesteigerter Schwellung einer Zelle endlich von ihrem Wasser und auch von mancherlei darin gelösten Dingen ein Theil durch den Primordialschlauch hinaus in die Zellwand und noch weiter über diese hinaus in's Freie oder in die Nachbarzellen ausgepreßt wird. Durch die gewaltsam erweiterten Micellar-Zwischenräume findet ein Hinausseien (Exfiltration) statt, welches das im Innern nicht mehr Platz Findende durch die schwächsten Punkte der Umwallung über die Grenze schafft.

Endlich aber liegt auch die Vorstellung nicht fern, daß bei der ungleichen Dichte des Protoplasma-Innern von einzelnen Gruppen sehr eng gestellter Micellen die zwischen und von ihnen etwa gefertigten neuen Molekeln, wenn deren mehr werden, als die Affinitäten der Nachbarschaft festhalten, mittels der wechselseitigen Abstoßung ausgewiesen werden mögen. So können besonders Substanzen, die geringere Affinität zum Protoplasma oder auch zur Zellwand haben, aus jenem in diese hinein oder durch diese hindurch auf ihre Oberfläche geschoben werden, theils durch Schub aus dem Protoplasma selbst, theils mittels pressender Schwellung aus dem Zellraum her. Und wie dabei in gewissen Fällen die anziehenden Kräfte des Zellstoffs der Wandung selbst anziehend mitwirken können, haben wir schon oben klar gelegt.

So kann man sich denn nun vorstellen, wie durch Zusammenwirken aller dieser Kräfte einerseits allerlei Metaplasmata im Protoplasma fertiggestellt werden. Man kann sich vorstellen, wie dies und die Zellwand selbst wachsen, wie Dinge durch sie ausgepreßt werden. Man begreift ebenso, wie die colloidalen Lösungsstoffe, die im Zellinnenraum die Endosmose besorgen und so bedeutende Wirkungen ausüben, aus dem Protoplasma nach Bedürfniß ergänzt werden. Aber auch die anderen, oben erwähnten Umgestaltungen der Zelle finden jetzt ihre Erklärung durch Kräftewirkungen von Atom zu Atom. Es können Zellen, welche die größtmögliche Raumausdehnung zwischen ihren Nachbarn erreicht haben, ihre Wände, ohne sie auszudehnen, doch noch verdicken. Sie können dieselben schichtenweise dichter und lockerer ausbauen oder sie auch ganz oder schichtenweise durch Einlagerung anderer Stoffe chemisch abändern. Wir finden Zellwände, die verholzt, in Korkstoff verwandelt, in Gummischleim umgebildet oder sonst wie verändert sind. Alles dies erklärt sich durch Einspritzung gewisser Zuthaten aus dem Protoplasma oder mittels derselben aus

dem Zellraum her. Hier oder da entstandene oder künstlich hergerichtete Molekeln anderer organischer, z. B. kalk- oder kieselhaltiger Verbindungen können in gewisse Schichten oder auf die Oberfläche der Zellwand gelangen und hier mechanisch oder chemisch gebunden werden. Ueberschüssiges Wasser, in die Zellwand eingepreßt, kann in gewissen Schichten derselben, deren Micellen vielleicht von Anbeginn von den übrigen entsprechend unterschieden gebildet waren, festgehalten werden und diese Schichten sich lockern. So können Zonen oder Felder der Zellwand erweicht, in Gummischleim verwandelt, endlich verflüssigt werden. So können Schichten in der Wand von optisch und mechanisch unterscheidbarer Bildung entstehen. So können in solche Schichten, zumal wenn sie dem Protoplasma zunächst liegen, von Neuem Cellulosemolekeln eingebettet und dadurch ein Dickenwachsthum der Zellwand in der Richtung von außen nach innen in's Werk gesetzt werden. So können endlich allerlei locale Schwellungen der Zellwand und sonst jederlei Plastik derselben zu Stande kommen. Und diese wird zuletzt wohl durch eine ebensowohl oder noch leichter ausführbare Anlagerung neuer Cellulosemicellen gegen die Innenfläche der schon fertigen Wand noch mannigfaltiger gemacht. Letzteres wäre dann neben dem im Ganzen wohl häufigeren Wachsthum durch Innenaufnahme („Intussusception") ein solches durch Anlagerung („Juxtaposition"), welches durchaus aus der Technik des Zellausbaues nicht ausgeschlossen ist.

Für diejenigen metaplasmatischen Bildungen, die massenhaft im Zellraum zur Aufspeicherung fertiggestellt werden müssen, um gelegentlich wieder gelöst und anderwärts verwandt zu werden, pflegt der Protoplast noch ein ganz besonderes Verfahren einzuschlagen. Es werden für diese im Innenraum besondere Protoplasmataschen hergerichtet. Das Netzgeflecht der Protoplasmabänder schürzt sich immer enger, bis es zu einem oft ganz feinen Maschenwerk verknüpft ist.

Jede Masche pflegt dann einen geschlossenen Hohlraum darzustellen, in welchem ein Stärkekorn oder ein sonstiger metaplasmatischer Körper in unmittelbarer Berührung von den Protoplastinmicellen gefertigt wird. In dieser Tasche ruht er dann, bis er zum Wiederverbrauch durch den Einfluß derselben wieder gelöst wird. Aber auch ganz abzuscheidende Substanzen, wie das überall zu findende Kalkoxalat, werden in solchen Protoplasmataschen auskrystallisirt, die zwischen den Bändern im Innern aufgehängt oder seitlich am Protoplasten angebracht sind (5; 14).

Es würde zu weit führen, die überaus zahlreichen chemisch-technischen Manipulationen des Protoplasmas, mittels denen es solcherlei Producte und Einrichtungen ausführt, im Einzelnen hier zu durchmustern. Wir begnügen uns, an den gewöhnlichsten Beispielen nachgewiesen zu haben, wie alle diese Kunststücke, so seltsam sie seien, zunächst wenigstens auf Rechnung intermolekularer Kräftewirkungen zu setzen, d. h. als Arbeiten anzusehen seien, die von den Molekeln in nächster Nähe mittels mechanischem Druck, Affinität, Cohäsion, Wärme und Lichtschwingungen ausgeführt werden können. Sehen wir indessen zu, ob wir damit auch werden zur Ausgestaltung des ganzen vielgliedrigen, nach bestimmtem Bauplan aufgeführten Organismus gelangen können.

II. Selbstbewegsamkeit und Selbstgestaltung.

Vielleicht ist es gelungen, dem Leser im vorstehenden Abschnitt, so flüchtig derselbe die betreffenden Vorgänge skizzirt, dennoch anschaulich zu machen, wie mittels mannigfaltigen und beweglichen Gefüges und der eigenthümlichen chemischen Zusammensetzung des Protoplasmaleibes eine große Mannigfaltigkeit organischer Materialien angefertigt, wie diese von demselben abgeliefert und am passenden Orte verwandt werden können. Es wird durchsichtig geworden sein, wie die feine

Molekularstructur der Protoplasmamembranen den gesammten Verkehr löslicher Stoffe zu regeln und zu beherrschen geeignet ist. Durch das allzufeine Micellennetz dieser Membranen werden die colloidalen Stoffe des Zellsaftes verhindert, auszuwandern, und dadurch in den Stand gesetzt, durch maßloses Wassereinsaugen eine Ueberspannung der Zellhaut einzuleiten: Dadurch ist zunächst für dauernde Zufuhr von Nähr- und Arbeitsmaterial Gewähr geleistet. Dann wird dadurch das räumliche Wachsthum der Zelle durch Ausrecken der Zellwand bewirkt. Endlich wird der überflüssige, wässrige und lösliche Inhalt in die Nachbarschaft hinausgepreßt.

Hieraus erklärt sich auch noch mehr im Großen das Wachsthum des Organismus. Wachsen die einzelnen Zellen, so dehnen sich die Zellgewebe, und vergrößern sich die ganzen Organe. Tritt das Wachsthum der Zellen in verschiedenen Richtungen verschieden ein, so ergibt sich daraus die Mannigfaltigkeit der ganzen Ausgestaltung. Der Turgor gewisser Zellgewebe erzeugt Strömungen zur Regelung des hydrostatischen Gleichgewichtes im Innern. Indem diese in der Richtung des geringsten Widerstandes vorzugsweis wirksam sind, so beeinflussen sie die Wachsthumsrichtung unmittelbar. Der Verbrauch an Material dagegen regelt die endosmotische Aufnahme und die erforderlichen Diffusionsströmungen. Wo viel Rohmaterial verarbeitet wird, wie in den Blättern, dahin muß die Strömung von Wasser und Bodenlösungen sich richten. Wo dagegen organisirte Stoffe zu Neu- und Ausbauten von Zellen und Zellgeweben oder für Aufspeicherung von Metaplasmavorräthen zur Verwendung kommen, dahin müssen die Assimilate des Laubes in Bewegung gesetzt werden. So ordnen sich die Strömungen und zwar in den pflanzlichen und in den einfacheren thierischen Organismen wesentlich mittels diosmotischer Durchtränkung der ganzen Gewebschichten. In vollkommener ausgestalteten Formen werden dann als Ver-

kehrsstraßen besondere Gefäßleitungen ausgebildet. Wachsthum, Säftewanderung, Stoffwandlung sind in erster Instanz als Ergebnisse sehr einfacher Kräftewirkungen dem Verständniß näher gerückt.

Allein ein Verhältniß bleibt durch alles das noch unaufgeklärt. Der gleichmäßig wirkende Turgor des Zellinhaltes muß die Zellen nach allen Richtungen gleichmäßig sich weiten und wachsen lassen. In der That aber wachsen sie zu sehr verschiedenen, aber bestimmten Gestalten heran. Ebenso muß jedes zufällige Micellar-Gemenge im Protoplasmaleibe und jede planlose Verschiedenheit seiner Dichtigkeit zu einem bunten, planlos beliebigen Gemenge seiner chemischen Producte und zu der ebenso regellosen Auslieferung derselben führen. Statt dessen sehen wir eine bestimmt wiederkehrende Anordnung der Productionen, die nicht nur unter verschiedene Zellen oder Zellgewebe, sondern auch innerhalb einer und derselben Zelle an verschiedene Orte derselben planmäßig vertheilt sind. Ja selbst der Zeit nach ist die chemische Thätigkeit in jeder Einzelzelle durchaus geordnet, so daß heut diese und morgen jene Arbeit von derselben ausgeführt werden kann. Hierdurch eben kommt für jede Art organischer Körper in den auf einander folgenden Generationen immer derselbe Bauplan wieder zu übereinstimmender Ausführung. Diese Erscheinung ist es, die durch die obige theoretische Zergliederung der intermolekularen Kräftewirkungen noch nicht zu verstehen ist.

Man kann ja zunächst sagen, daß eine Zelle ungleich, z. B. in die Länge wächst, wird durch die örtlich ungleiche Widerstandskraft des Primordialschlauches bedingt. Dies ist richtig, aber solche Ungleichheit müßte, wenn sie keiner regelnden Einwirkung unterliegt, sondern dem Zufall überlassen bleibt, in jedweder Richtung eintreten können. Dann wüchsen die Zellen beliebig bald hier-, bald dorthin in die Länge und Quere. Statt der bestimmten Form erhielte das aus diesen gebildete

Organ eine beliebige Mißgestalt. Wüßten wir eine Kraft, welche das Protoplasmagefüge, oder sonst irgendwie den Turgor des Zellinnern oder die Dehnbarkeit der Zellwand in bestimmter Richtung beeinflußt, so ließe sich vielleicht eine Erklärung finden.

Nun bieten sich ja in der That außer den Wirkungen der Affinität, der Cohäsion, der Wärme, welche bunt durcheinander wirkend von äußeren, in bestimmter Richtung angreifenden Kräften nicht beeinflußt werden, ein Paar solche dar, bei denen dies nothwendig der Fall ist. Zumal auf den der Regel nach am Erdboden in unveränderlicher Weise befestigten und von da emporstrebenden Pflanzenkörper müssen diese von beständigem und entschiedenem Einfluß sein. Es sind die Wirkungen der Schwerkraft und des Lichtstrahls, der von der Sonne kommt. Jene muß trachten, die gesammte Molekelmenge des Pflanzenleibes nach unten zu ziehen, oder ihrem specifischen Gewicht nach zu schichten, diese muß dieselben in nahezu entgegengesetzter Richtung durch Schwingungen — wenn auch nur der Aethertheilchen — aus ihrer Ruhe stören. Und wie sehr jeder Pflanzenstock durch die Richtungen dieser beiden Kräftewirkungen in der Entfaltung seiner Gestalt sich in allen Theilen beherrscht fühlt, lehrt jeder flüchtige Blick auf eine Pflanzengruppe. Aber auch der Thierkörper hat sich in seinem Aufbau nach der Schwere zu richten und kümmert sich in nicht wenigen Formen auch um den Einfall der Lichtstrahlen.

Es mag dies nun an einigen, besonders in die Augen fallenden Beispielen genauer in's Auge gefaßt werden. Jedermann weiß, daß die Wurzeln der Pflanzen im Allgemeinen nach unten streben, die Laubtheile dagegen zunächst nach oben, wenn sie dagegen das Licht nicht grade von oben herab, sondern schräg oder ganz seitwärts empfangen, der Lichtquelle entgegenwachsen. Jeder sieht die Pflanzen am Blumenfenster ihre

Blätter lichtwärts wenden. Die unteren Zweige dichtbelaubter Baumkronen, die Gesträuche im Unterholz am Waldsaume schauen seitwärts aus dem Schatten heraus und suchen das Licht. Sprosse von Lichtpflanzen, die im dunklen Keller erwachsen, recken sich maßlos in die Länge, bis sie zum fernen Fenster gelangen und des Lichtes genießen können. Schon dies spricht dafür, eine ganz bestimmte Einwirkung von Schwere und Licht auf das Molekelgefüge der Zellen und somit auf den Zellaufbau, der dem Pflanzenkörper seine Gestalt gibt, zu erkennen. Zahllose wissenschaftlich scharf angestellte Versuche haben diesen Einfluß bestätigt und für viele Fälle festgestellt. Es sei davon hier nur das Nöthigste kurz erwähnt.

Daß die erste Wurzel jedes jungen Keimes, der seiner Samenhülle zu entschlüpfen sucht, sofort nach unten in den Erdboden eindringt, mag der Same selbst mit seiner Ausgangspforte gelegen haben, in welcher Richtung er will, nach oben oder unten, ist eine sehr bekannte Erscheinung. Man nennt sie mit ähnlichen Erscheinungen an anderen erdwärts wachsenden Theilen „Geotropismus". Man hat nun wohl gemeint, daß es etwa eine gewisse Gegend der Wurzelspitze sei, die weich und plastisch genug wäre, um durch unmittelbaren Angriff der Erdanziehungskraft abwärts gelangen und zum möglichst senkrechten Eindringen in den Boden gezwungen werden zu können. Oder man hat die Vorstellung gefaßt, es möchten die flüssigen Nährsäfte, die die jungen, wachsenden Gewebe durchtränken, von der Schwere niederwärts gezogen, schon deshalb das Hinabwachsen der Wurzelspitzen bewirken. Was aber diese letzte Anschauung anlangt, so ist der Einfluß der Schwere auf die Molekeln der flüssigen Stoffe, während diese der Imbibition der Zellwände oder dem Turgor im Zellraum unterliegen, nachweislich zu klein, um wesentlich in Rechnung gebracht werden zu können. Auch würde damit die Thatsache schlecht stimmen,

daß gerade die alleroberſten Sproſſe und Knospen an den Stämmen am ſchnellſten von allen und der Schwerkraftrichtung möglichſt direct entgegenwachſen; ja daß gerade dieſen ſelbſt das letzte Bißchen Saft, was eine durſtleidende Pflanze aus ihrem ganzen Zellgewebe zuſammenbringen kann, vorzugsweiſe und oft ausſchließlich zugewendet wird. Das oberſte Scheitelknöspchen eines Pflanzenſtocks iſt nicht der erſte Theil desſelben, der da welkt, ſondern bei ſehr vielen Gewächſen der allerletzte. Was aber die plaſtiſche Biegſamkeit der Wurzelenden durch Schwereeinfluß betrifft, ſo ſehen wir oft in demſelben Büſchel ſehr zarter Wurzeln einige abwärts, andere in beliebiger Richtung ſeitwärts wachſen. Ja, wenn man Pflanzenſamen über einem Drahtgitter, das mit Erde bedeckt iſt, ſo keimen läßt, daß ſie, abwärts wurzelnd, in freie Luft gerathen, zum feuchten Wurzelgrund aber nur wieder rück- und aufwärts gelangen können, ſo ſehen wir die jungen Wurzeln unter Nichtbeachtung der Schwerkraftstyrannei nach oben wachſen, wo ſie eben ihre Nahrung finden. Wenn alſo dieſe Pflanzenorgane theils in der Richtung der Schwerewirkung wachſen, theils wider ſie, theils ohne beſtimmte Beziehung zu ihr, ſo muß man entweder annehmen, daß noch beſondere Einrichtungen getroffen ſind, welche dieſe Zugkraft in einigen Fällen zur Wirkung kommen laſſen, in andern nicht, — womit dann eben die Zwangswirkung der Schwerkraft hinfällig wird, — oder man muß ſich von vornherein nach andern Urſachen für die ſcheinbare Abhängigkeit von dieſer Kraft umſehen.

Eine andere recht bekannte Erſcheinung iſt die, daß niedergefallene oder gewaltſam flach auf den Boden gelegte Pflanzenſproſſe, ſo lange ſie noch wachsthumsfähig ſind, ihre Häupter zu erheben und zum aufſtrebenden Wuchs zurückzukehren trachten. Da ſich dies im Finſtern ſo gut wie im Licht vollzieht, ſo ſucht man auch hier die Urſache in der Schwerkraft und hat daher auch die Erſcheinung als negativen Geotropismus be-

zeichnet. Das Aufrichten solcher Sprosse geschieht, wie sicher festgestellt ist, durch zeitweis stärkeres Wachsen derjenigen Seite derselben, die auf dem Boden liegt. Dadurch muß einfach die Aufwärtskrümmung erfolgen. Aber auch hier ist es zur Zeit nicht gelungen, dies ungleiche Wachsthum auf einen Zwangseinfluß der Schwere zurückzuführen, welche etwa die Zellen der untern Seite stärker schwellen und sich recken und vermehren ließe. Und wenn es gelänge, so träte wieder der Uebelstand hervor, daß eine Menge Pflanzenzweige das Bestreben, sich aufzurichten, nicht haben. Viele lieben, horizontal auf dem Grunde fortzukriechen. Manche sogar drängen sich abwärts. Es gibt Pflanzen, deren Stengel zu verschiedenen Lebenszeiten bald aufwärtsstreben, bald sich hinabkrümmen und wie Wurzeln in den Boden dringen, bald innerhalb desselben seitwärts fortkriechen. So die Sprosse des zierlichen Sauerklees, der im Frühjahr unsre Büsche schmückt. Für solche Erscheinungen müßten dann abermals noch besondere Einrichtungen zur zeitweis erforderlichen Regelung, Hemmung oder Beseitigung der Schwerkraftwirkung angenommen werden. Und überdies ist in keinem Fall zur Zeit einsehbar geworden, wie die zwischen der Erde und den Molekeln der Pflanzensubstanz wirkenden Zugkräfte den anderen in der Pflanze wirkenden Kräften gegenüber es anfangen sollten, sie mit erheblichem andern Erfolg abwärts zu ziehen, als dem, der aus dem Gesammtgewicht irgend eines Theiles von selbst folgt. Kann eben das Pflanzengebäude überhaupt so aufgebaut werden, daß alle seine Theile dabei in ihrem Schwerpunkt ausreichend unterstützt und sicher getragen werden, — und das sehen wir vor Augen, — so erhellt schon daraus, wie machtlos die Schwere gegenüber den andern hier wirkenden Molekularkräften bleibt.

Wenden wir uns kurz zur Lichtwirkung. Wenn ein aufwärts wachsender Pflanzensproß etwa vom Zenith herab beleuchtet wird, so trifft ringsum das Licht gleichmäßig auf seine

Gewebetheile und muß ebenso alle gleichmäßig beeinflussen. Seitwärts einfallendes Licht dagegen bescheint nur die eine Seite des Sprosses direct. Es ist nun auch für alle die Richtungsänderungen, welche Zweige und Blätter von allerlei Pflanzen dem Lichte zu Gefallen ausführen, ebenso wie für die, welche sich auf die Richtung der Schwerewirkung beziehen, ermittelt, daß sie lediglich durch ungleiches Wachsthum der betreffenden Seiten des sich krümmenden Theiles in's Werk gesetzt werden. Wird ein gerade aufrechter Pflanzenstengel, der im Freien wuchs, nun in's Zimmer gesetzt und also seitwärts vom Fenster her mit Licht versehen, so neigt er sich dorthin. Er krümmt sich, indem seine dem Fenster zugekehrte Seite im Wachsthum zurückbleibt, die entgegengesetzte aber gefördert wird.

Man war mithin berechtigt, sich zu fragen, ob die einfallenden Lichtstrahlen eine verzögernde Wirkung auf das Wachsthum von Zellgewebsschichten ausüben könnten, welche sie direct träfen, während andere, nicht getroffene, sich dann vielleicht um so schneller verlängern könnten. In dieser Richtung hin sind denn dauernd die schärfsten Untersuchungen ausgeführt und haben auch zu einem scheinbar günstigen Resultat geführt. Es sieht in der That danach so aus, als stände den lichtschwingenden Aethertheilchen eine Kraft zur Seite, mittels der sie die molekularen Längsstreckungsarbeiten, zumal in gewissen Zellgewebsformen, zu beeinträchtigen vermöchten. Dann wäre die lichtwärts ausgeführte Beugung wachsender Sprosse wiederum nichts als eine mechanische Zwangswirkung der Lichtschwingungen auf die Molekularbewegungen im Protoplasma oder in der Zellwand. Auch die übermäßige Verlängerung im Dunkeln erwachsener, lichtsuchender Sprosse (das sogenannte „Etiolement") vermag man einigermaßen hieraus zu deuten, wenn man die Hülfshypothese annimmt, daß gerade die Holzfaserschicht es sei, die dem dehnungswidrigen Lichteinfluß vor allen unterliege und dann ihrerseits das Längenwachsthum hindere,

diese aber grade in den vergeilten (etiolirten) Sprossen ausnehmend wenig ausgebildet werde.

Allein gegenüber der großen Reihe von Versuchen und Beobachtungen, welche in ihrem Ergebniß dieser Auffassung günstig sind, ist es eine vielleicht noch größere Reihe anderer, die sich ihr zu Folge nicht verstehen lassen. Zunächst gibt es wieder gewisse Pflanzenarten, die, statt sich dem vollen Licht zuzuwenden, dasselbe vielmehr zu fliehen suchen, wie eine Menge am Boden kriechender Pflanzen. Für diese müßten also wieder Gegeneinrichtungen angenommen werden, die sich gegen den Lichtzwang aufzulehnen stark genug sind. Dann aber, — und dies ist besonders zu bemerken, — wird ja die Hinneigung der Sprosse zur Lichtquelle durchaus nicht immer dadurch bewerkstelligt, daß die Lichtseite derselben sich einwärts krümmt, also kürzer bleibt, während die Schattenseite, sich auswärts krümmend, verlängert wird. Man kann Pflanzenzweigen jedwede schiefe, liegende, hängende Richtung gegen schief einfallendes Licht geben, so werden sie sich allerdings in der Mehrzahl der Fälle demselben zu zu krümmen pflegen, so lange sie überhaupt noch fähig sind, zu wachsen. Allein alle die dabei verschieden auszuführenden Krümmungen gehen der Regel nach nur so weit, bis die Oberseite möglichst sämmtlicher Blattorgane dem Licht zugekehrt ist. Es springt in die Augen, daß das alleinige Ziel dieser ganzen Wachsthumsbewegung einzig das ist, die zum Lichtgenuß vorzugsweis befähigte Blattoberseite so zu stellen, daß die Lichtstrahlen sie in möglichst großen Bündeln erreichen. Dies Ziel wird nun in der That nicht bloß durch analoge Sproßkrümmungen angestrebt. Auch die Blattstiele, selbst die Spreiten der Blätter, müssen dabei das Ihrige thun. Jedes Blatt sucht auf dem nächsten Weg seine günstigste Lichtstellung, der es verlustig gegangen ist, wieder zu gewinnen. Und dabei kommt der Muttersproß durch seine Neigung natürlich seinen Blattkindern, so viel er kann, zu Hülfe.

Allein diese selbst führen dazu alle denkbaren Bewegungen aus, bei denen sich bald die Licht-, bald die Schattenseite, bald die obere, bald die untere, bald die rechte, bald die linke Blattstielhälfte aus- oder einwärts krümmt. Selbst Drillungen um die Stielaxe werden nach Bedürfniß ausgeführt. Zuweilen kann ein Blatt, um seine lichtabgewandte Oberseite wieder in's Licht zu bringen, die dazu erforderliche Krümmung nur so ausführen, daß seine heller beschienene Seite zuerst weniger wächst, als die Schattenhälfte, dann aber mehr. Sonst wäre die richtige Stellung, den Lichtstrahl lothrecht zu empfangen, nicht zu erreichen. Es würde zu weit führen, alle einzelnen Kunstgriffe an Drehungen und Krümmungen aufzuzählen, welche in solchem Fall von Blättern und Sprossen angewendet werden, um sich aus dem Nothstande zu befreien, ihre Lichtseiten in den Schatten gekehrt zu sehen. Eine Menge dieser Bewegungen widersprechen in ihrer mechanischen Ausführung einander derart, daß eine einheitliche Zwangswirkung des Lichtstrahlenbündels, sei sie fördernd, sei sie verzögernd, treffe sie die Licht- oder die Schattenseite, die Ober- oder die Unterfläche der Laubblätter, als gleichartig wirksam nicht angenommen werden kann. Dazu kommt, daß entlaubte Sprosse oder ihrer Spreite beraubte Blattstiele die Lichtwärtskrümmung überhaupt kaum oder ganz und gar nicht mitmachen, was doch nicht einzusehen wäre, wenn der Lichtstrahl direct auf sie eine das Wachsthum abändernde Wirkung ausübte.

Besonders eigenthümlich ist aber bei diesen geotropischen und heliotropischen Bewegungen die gegenseitige Vertretung eines Einflusses durch den andern. Die Erde scheint nicht allein die Wurzelspitzen anzuziehen, sondern auch, — wie oben erwähnt, — niederliegende Zweigspitzen zu veranlassen, sich zu einer wider die Schwerkraft gerichteten Stellung wieder emporzuwenden. Beleuchtete Theile thun dies nur, wenn das Licht genau von oben kommt. Sonst wenden sie sich statt aufwärts

direct seitlich gegen die Lichtquelle. So scheint es, daß die Sonnenkraft die Molekeln der Pflanzenzelle stärker anpackt und unerbittlicher beherrscht, als die Erdwirkung. Warum sich denn nicht beide Kräftewirkungen zu einer resultirenden, mittleren Wachsthumsrichtung combiniren, sich bald summiren, bald gegenseitig entgegenarbeiten, ist freilich nicht einzusehen, findet aber nicht Statt. Dazu kommt, daß der sogenannte negative Geotropismus überhaupt nur so weit zur Geltung kommt, als er danach strebt, die Lauborgane in eine bestimmte Stellung gegen den Horizont zu bringen. Bei offener Lichtwirkung stellen sich dieselben mit ihrer Flächenausdehnung stets nur senkrecht gegen diese, ohne weiter die Schwerkraftrichtung zu beachten. Im Finstern wenden sich belaubte Sprosse so lange aufwärts, bis ihre entfalteten Blätter etwa in der Horizontalebene liegen, ihre noch zu entwickelnden aber diese leicht einnehmen können. Soweit die Sprosse dagegen nicht mehr wachsthumsfähig sind, suchen die Blätter sich allein zu helfen. Durch Krümmung, Seitwärtswendung oder Drillung ihrer Stiele oder sonstiger Glieder geben sie sich alle Mühe, ihre organische Lichtseite nach oben, die Rückseite aber grundwärts zu stellen. Die zufällig oder absichtlich so gestellten machen keinen Versuch, ihre Lage zu ändern. Auch abgetrennte Blätter, die genügend zählebig sind, führen dies Alles aus, wenn man sie nur feucht genug hält. Im finstern, feuchten Raum, mit dem Stiel in den Boden gesteckt und flach auf den Rücken gestreckt, bleiben sie regungslos liegen. Mit der Oberseite (Lichtseite) auf den Boden gelegt, machen sie die gewaltsamsten Anstrengungen, sich rücküber zu krümmen, um irgend einen Theil ihrer Spreitenoberfläche wieder nach oben zu kehren, woher sie das Licht zu empfangen gewohnt sind. Aufrecht mit den Stielen in den Boden gesteckt, dicht mit den Lichtseiten aneinandergelegt, krümmen sie die Spitzen rückwärts. Sie bemühen sich dagegen, wenn sie mit den Rückenflächen zusammengestellt waren, ver-

gebens, diese gegeneinander einzukrümmen, und bleiben dann also aufrecht stehen. Und auch in solcher Lage wiederum nehmen entlaubte Sprosse an der Aufwärtskrümmung einen geringeren Theil, es sei denn, es gelänge ihnen, neue Blättchen zu treiben.

Aus Vergleich solcher Beobachtungen, die Jeder in seinem Zimmer, im Garten, auf der Flur und im Gebüsch beliebig vervielfältigen kann, geht denn nun genugsam hervor, daß es eine Zwangswirkung auf die Molekularbewegungen beim Wachsen nicht gibt, weder eine, welche von der Schwerkraft, noch eine, die vom Lichte bewirkt wird. So überaus werthvoll die sorgsamen und scharfen Untersuchungen, die auf die Einwirkung solcher atomistischer Beeinflussungen verwendet sind, für die gesammte phytophysische Anschauung der Molekulararbeiten auch geworden sind, so haben sie in Bezug auf die geotropischen und heliotropischen Bewegungen lediglich immer nur wieder zu demselben negativen Ergebniß geführt. Wenn Schwere und Lichtwirkung auf die Protoplasmatheile nothwendig maßgebend wirkten, so müßten sie überall unter gleichen Bedingungen auf gleiche Theile gleich wirken. Dies thun sie nicht, folglich ist ihre Einwirkung keine unmittelbare, zwingende (coërcitive), sondern dieselbe kann höchstens als eine mittelbare, wegweisende (normative) angesehen werden.

Nun gibt es aber noch viele andere ähnliche Bewegungserscheinungen, welche diese Auffassung erst recht bekräftigen. So haben z. B. die Mehrzahl aller Blüthen und Früchte der Pflanzen ebenfalls eine ganz bestimmte Richtung. Sie blicken aufwärts, abwärts, gerade oder schief geneigt zur Seite. Bald stehen Früchte und Blumen gleich, bald beide entgegengesetzt. Zuweilen haben sie vom Anfang des Blühens bis zu Ende die gleiche Richtung, zuweilen verschiedene. Solche Stellung wird nun in den meisten Fällen von diesen Organen mit außerordentlicher Hartnäckigkeit behauptet. Zufällig oder ab=

sichtlich aus ihrer Richtung abgelenkt, bieten sie alle Wachsthumsfähigkeit ihrer Stiele oder sonstigen Theile — selbst die der unterständigen, noch unreifen Fruchtknoten — auf, um die alte Stellung, die sie einmal einnehmen wollen, wieder zu gewinnen. Krümmungen und Wendungen in jeder Richtung, sowie Axendrehungen werden wiederum auch hierzu angewendet. Nur wenige Blumen suchen dabei ihre Oeffnung stets sonnenwärts zu wenden. Die Richtung derselben steht vielmehr in inniger Beziehung zu der mechanischen Befruchtungseinrichtung, welche sie darstellen, und deren Bedürfnisse zu befriedigen sind. Bei den Früchten ist es die Bequemlichkeit für das Ausstreuen der Samen, welche die Fruchtstellung bedingt. Auch diese wird im Dunkeln und im Licht mit gleicher Energie wieder aufgesucht. Besonders anschaulich machen es gewisse Pflanzen mit herabgewendeten Blüthen. Wie immer auch künstlich abgeneigt, kehren die Blumen mit Aufbietung der Wachsthumsenergie aller Theile des ganzen Blüthenstandes in die Haltung zurück, die für die Insecten paßt, deren Hülfe zur Befruchtung sie erwarten. Oft stehen die Blüthen in dicht gedrängter Traube über einander, die jüngsten, obersten aufwärts, die mittleren seitwärts, die zur Befruchtung reifen, unteren abwärts blickend. Bei gewaltsamer Abwärtsbeugung der ganzen Traube wenden sich sämmtliche Blüthen in ihre einmal beliebte Richtung zurück, die ältesten, nun zu oberst gestellten, abwärts, die jüngsten, nun untersten, aufwärts. Das dabei an die Stelle des erst zierlichen Auseinanderweichens aller Blüthen nun eintretende unbequeme und unschöne Zusammendrängen derselben gegen die Mitte der Traube hin läßt sowohl die Beharrlichkeit in der Wahl der Stellung in's Licht treten, als auch die Unthunlichkeit, dergleichen auf Rechnung eines Zwanges durch die Schwerkraft zu setzen. Man müßte sonst eben nach mächtigeren Einflüssen suchen, die bald der Schwerkraft die Waage hielten, bald die-

selbe zum Angriff kommen ließen. Bei Früchten lassen sich die zahlreichsten gleichartigen Beobachtungen machen. Aber selbst die feinsten Theile der Blüthe, die Staubgefäße, kehren in gewissen Fällen unbeirrt in die Stellung in der Blume, welche die zweckmäßigste für sie ist, zurück, wenn man sie zwangsweise daraus entfernt.

Wenn also die Schwingungen des Lichtstrahles und die Anziehungskraft einer Körpermasse durch die andere das nicht zu leisten vermögen, was die theoretische Forschung in allen diesen Fällen von ihnen verlangen möchte, d. h. Lichtwendung und Schwererichtung als Zwangsverfahren gegen die Mitglieder der Molekel-Republik des Zellgewebebaues; wenn immer noch ein gut Theil der Erscheinungen allen Hypothesen über solche Wirkungen nicht nur nicht folgt, sondern widerspricht; wenn man bisher vergeblich nach anderen möglichen entsprechenden Wirkungen molekularer Kräfte ausgeschaut hat, so wird es geboten sein, andere Erklärungen zu suchen, soll die Forschung auf diesem Gebiet nicht stille stehen oder sich planlos verirren.

Nicht zwangsweise, so lautet zunächst der erste Ausdruck einer solchen, sondern nur anregend wirken Licht und Schwere auf das Protoplasma. Nicht direct wird die Molekulargruppirung der Zellwand zu entsprechender Verdichtung oder Lockerung genöthigt, sondern das lebendige Protoplasma empfängt einen Reiz und vollzieht darauf selbständig diejenigen Bewegungen, die dem — in jedem Einzelfall besonderen — Bedürfniß der Pflanze oder ihres Organes am besten entspricht.

Man kennt auch sonst noch im Pflanzenreich Bewegungen genug, die auf Reize erfolgen, und für die man die Erklärung den gewöhnlichen atomistischen Beziehungen und ihren Ursachen vergeblich abverlangt. So ist z. B. das Winden gewisser Pflanzenstengel um feste Stützen, das Anklammern

besonderer Greiforgane, der sogenannten Ranken, so ist das auf Berührung erfolgende Zusammenklappen, Auf- oder Abwärtsschlagen gewisser Blätter, das Ausschnellen oder Einbiegen von Staubgefäßen, das Schließen von mundförmig offenen Narbenlappen u. s. w. theils noch gar nicht, theils nur theilweise aus der mechanischen Leistung wechselnder Saftströmung erklärt. Ein dadurch veranlaßter Wechsel in der Schwellung gewisser Gewebepolster, die dann antagonistisch, den thierischen Muskeln vergleichbar, wirken, liegt hier als Thatsache vor Augen. Aber eben so wenig ist dabei eine den thierischen Reizerscheinungen durchaus analoge plötzlich wirkende Bewegungsursache zu verkennen. Im Thierkörper vollziehen sich, außer den willkürlich veranlaßten Muskelbewegungen, eine Menge sogenannter Reiz-, Reflex- und Instinctbewegungen von besonders auffälliger Art unwillkürlich, wie bei den Pflanzen, und sind deshalb in ihrer Erscheinung Jedermann geläufig. Selbst der menschliche Organismus nimmt daran Theil. Unbewußt, selbst im Schlaf, verscheuchen wir mit einer Handbewegung das Insect, das die empfindliche Gesichtshaut berührt. Im Gefühl, die Unterstützung unseres Körperschwerpunktes verloren zu haben, strecken sich ohne unser Wissen die Arme vor, um die Folgen des Falles zu mildern. Das Augenlid schließt sich bei überstarkem Lichtreiz und die Pupille verkleinert sich. Ganz ebenso die Pflanze, wenn sie ihre Organe auf Licht- und Schwerkraftsreiz richtet und ordnet.

Alle diese Reizbewegungen haben das eine gemeinsame Merkmal an sich, daß sie an Orten und von Organen ausgeführt werden können, an denen sie nicht unmittelbar veranlaßt worden sind. Die Gesichtsnerven empfinden, die Hand verscheucht das Insect. Die Netzhaut empfindet den Lichtreiz, die schützenden Theile des Auges wehren ihn ab. Ebenso empfindet am Pflanzenleib wesentlich die Blattspreite, das Laub den Lichtreiz, während vorzugsweise



oder allein der Blattstiel und der Stengel oder Zweig, an dem die Blätter sitzen, die zweckentsprechende Krümmung ausführen. Damit ist denn aber auch einstweilen der Inhalt des noch sehr räthselhaften Begriffes „Reiz“ ziemlich erschöpft. Wir nennen eben Reiz in der organischen Natur die oft in die Ferne gehende Veranlassung zu einer Bewegung, deren Fortschritt von Atom zu Atom, von Organ zu Organ man mechanisch nicht ausreichend zu erklären weiß. Das ist zur Zeit etwa Alles. Solche Reize können materiellen und immateriellen Ursprungs sein.

Wenn wir nun den Helio- und Geotropismus der Pflanze sammt ihren übrigen mehr noch in die Augen fallenden Bewegungen mit den gleichwerthigen Erscheinungen im Thierreich zusammen als Reizbewegungen auffassen, so haben wir zunächst wenigstens den Vortheil einer einheitlichen Hypothese gewonnen, deren weiterer Aufhellung entgegenzusehen bleibt. Kann man aber alle diese Bewegungen trotz dessen, wie sie in ihrem Fortschritt von Theilchen zu Theilchen zu plan- und zweckmäßigen Ergebnissen führen, noch nicht verstehen, erscheint sogar die räthselhafte Thatsache des Reizes erst recht unklar, so muß ein weiteres Verständniß davon innerhalb der Beziehungen der kleinsten Theile zu einander erstrebt werden. Es muß gesucht werden, wie sowohl die Reizbewegungen als alle anderen oben geschilderten Gestaltungserscheinungen mittels der ebenfalls oben skizzirten feinsten Kräftewirkungen so zu Stande kommen, daß diese zu planmäßiger Arbeit gezwungen werden.

Um den Boden rein atomistischer Kräftewirkungen nicht verlassen zu müssen, hat man sich Erklärung suchend an die räthselhafteste aller Erscheinungen in der organischen Natur, an die der Erblichkeit der Formen-Eigenschaften und Kräfte gewendet. Jedes Kind weiß, daß es von Vater und Mutter allerlei Züge der Körpergestalt, sogar der Bewegungsweise und der Entwicklungsart ererbt hat, wie jedes andere substantielle

Besitzthum, sogar von Großeltern und Urahnen. Die Fähigkeit, die molekularen anziehenden und schwingungswirkenden Kräfte in specifisch und individuell bestimmter Weise im eigenen Körper zu leiten, ist vom Erzeuger auf den Zeugling übertragen, also übertragbar. Nimmt man nun an, daß überhaupt alle Kräfte nur atomeigene sein und dem Stoff selbst angehören und entstammen können, so können auch alle auf diese Weise erblichen Eigenschaften nur durch stoffliche Substrate von einem zum anderen Organismus übertragen werden. Dies scheint ja auch in jedem Zeugungsvorgang seine Bestätigung zu finden.

Es ist nun zunächst versucht, die specifisch organische Form auf specifisch verschiedene chemische Verbindungen zurückzuführen. Dann hat jede organische Art ihre besondere Art Protoplasma, die ihre Form bedingt. Ob durch die Form der Molekeln oder sonst wie, weiß man nicht.

Zu etwas plausiblerer Vorstellung gelangt man durch Vergleich organisch specifischer Formbildung mit der Krystallbildung anorganischer Körper. Man erwägt, wie das so überaus regelmäßige Gefüge nicht unwahrscheinlich auf eine gleichmäßige Form ihrer Molekeln und auf eine durchaus regelmäßige Vertheilung der von ihnen ausgehenden atomistischen Kräftewirkungen zurückgeführt werden könne. Haben z. B. alle Molekeln von kohlensaurem Kalk gleiches Atomgefüge und also gleiche Form, so ist einzusehen, daß ihre Zusammenordnung zu größeren Massen ein bestimmmtes Gestaltungssystem befolgen wird. Unter allen beliebigen Einflüssen von außen angreifender Kräfte behält doch das der Verbindungsart eigene Gestaltungsgesetz die Oberherrschaft.

Können denn nun nicht die organischen Formen ebenso von den Formen ihrer Molekeln abhängen und ähnlich wie Krystallgefüge aus ihnen aufgebaut werden? Kann es nicht so vielerlei Protoplastin-Molekeln geben, als es Gestaltungen

gibt, die, aus ihnen hervorgehend, alle Theile des Thier- oder Pflanzenleibes zusammensetzen? Und brauchen nicht die so specifisch verschiedenen Zusammensetzungsstücke dann nur von einer Generation auf die andere vererbt zu werden, wie ein Erbschatz von bunten Steinchen, die immer wieder zur selben Mosaik geordnet, oder wie Werkstücke, Ziegel, Balken und Bretter, aus denen immer wieder ähnliche Häuser aufgeführt werden?

Dieser Vorstellung zu Liebe hat denn nun die atomistisch-dynamische Anschauungsweise zur Annahme feinster Micellen oder Molekeln geführt, die in ihrer bestimmten Form für alle Einzelgestaltungen, die im Bildungskreis sämmtlicher Mitglieder einer organischen Art durch alle Ewigkeit vorkommen können, das Material, oder doch wenigstens die Gestaltungskerne liefern. Man hat diese künstlichen Formstückchen auch wohl „Plastidulen" genannt. Diese Formstückchen nun werden von den Eltern auf die Kinder bei der Zeugung übertragen, ordnen sich den ihnen eigenen Formen und Kräften gemäß, und das Räthsel erblich constanter Gestaltung erscheint gelöst. Selbstverständlich kann freilich nicht der ganze organische Bau aus dem elterlich übermachten Formmolekel-Erbtheil aufgeführt werden. Die Hauptmasse dazu muß jedes organische Individuum sich selbst anschaffen und assimiliren. Diese Urmolekeln sind also nicht blos so geformt, daß sie, gleich und gleich gesellt, bestimmte organische Gestalten ergeben müssen, sondern verstehen auch die Kunst, aus den Assimilaten durch Contactwirkung immer neue ihres Gleichen herzustellen. Damit ist viel gewonnen, denn nun braucht anfangs nur ein einfaches Sortiment solcher kleinen, plastischen Tonangeber und Rädelsführer überliefert zu werden, die dann schon weiter sorgen werden.

Immerhin muß die ganze materielle Mitgift von den Eltern auf die Kinder lediglich durch die kleine Körperlichkeit der befruchteten Eizelle übertragen werden. Die Zahl der erforderlichen Urmolekeln darf man sich aber nicht klein vorstellen.

Nicht jede Hauptform kann als Krystallisationsergebniß einer Molekelart angesehen werden, sondern jedes noch so kleine Einzel-Partikelchen einer Zelle bedarf so vieler solcher Formelemente, als Formdifferenzen in ihm vorkommen. Nur völlig gleichgefügte Molekulargruppen könnten aus einer Krystallisation hervorgegangen sein. Dadurch wird dann die Zahl selbst für Herstellung eines nur wenig künstlich geformten Organismus schon eine ungeheuer große. Muthet man nun dem kleinen Spermatozoid, das die väterliche, und dem geringen Anfang der Eizelle, der die mütterliche Substanz-Mitgift, deren jede aus Millionen und aber Millionen Urmicellen bestehen müßte, damit nicht schon räumlich etwas viel zu? Allein halten wir einmal dies Ungeheuerliche noch für möglich. Denken wir uns für jedwede Gestaltung einen Anfangskern sicher im Metaplasmavorrath des Eies verpackt und so nunmehr in den Besitz des Keimes gelangt. Wodurch werden denn nun beim beginnenden Aufbau alle diese Dinge richtig vertheilt? Welche Kraft sorgt bei jeder Zelltheilung dafür, daß von jeder Molekelsorte nicht allein jede neue Zelle ihr Theil erhält, sondern wer ordnet sie alle fort und fort an, damit sie in ihrer blinden Krystallisationsarbeit nicht bunt und planlos durcheinander in eine heillose Confusion gerathen, und also statt des den Eltern ähnlichen legitimen Kindes eine wüste Mißgeburt erzeugen? Wer schafft, daß schließlich wieder von möglichst jeder der Millionen Micellensorten eine in je eine der oft ebenfalls Millionen neu zu stiftenden Sperma- oder Eizellen richtig und vollzählig eingeschachtelt werde? Müssen nicht dazu der Schaar der Mosaikstücke noch ordnende Werkmeister mitgegeben werden? Müssen nicht unter den gewöhnlichen handwerksmäßigen Formmolekeln auch Aufseher, Policisten, Sclavenvögte sein, die nun wieder durch ihre höhere, die Krystallisation im Ganzen regelnde Kraft planmäßige Ordnung schaffen? Und wie haben wir uns diese Obermolekeln in ihrer bevorzugten Begabung zu denken,

und uns ihre Amtsausübung auf mögliche atomeigene Kräftequellen zurückzuführen?

Da kann man aber freilich in dieser Verlegenheit zu einem anderen Hülfsmittel greifen. Man kann ja ohne Weiteres die Oberaufsichtsbehörde im Formmolekelstaat dadurch entbehrlich machen, daß man den einzelnen Molekeln für sich selbst so viel Begabung beilegt, um allein zu wissen, wo jede hingehört und was sie zu thun hat. Freilich wird dann bei dem Durcheinander der daraus folgenden autonomen Bewegung aller dieser Körperchen eine gewisse Verständigung derselben unter einander nöthig sein, damit sie sich zu rechter Zeit immer wieder anders vertheilen und gruppiren, bald viel bald weniger ihres Gleichen erzeugen, nicht allein dem Augenblick durch blind wirkende Affinitäts- und Schwingungs-Beschäftigung ihrer Molekeln und Atome dienen, sondern hübsch nach Allem trachten, was im planmäßig vorgeschriebenen Lebensgange des organischen Individuums nach und nach auf die Tagesordnung zu setzen ist.

Trotz dieser dem unparteiisch urtheilenden Verstand sich bietenden Schwierigkeiten ist es doch diese letzte Anschauung, in die sich der heutige Atomismus hineingedrängt sieht, da es eben zur Erklärung der organischen Gestaltentwicklung und Lebensthätigkeit einen andern Ausweg für ihn nicht gibt. Er muß eben jedem Formmolekel-Individuum seine, so zu sagen, seelische Begabung mitgeben, und da dieses wieder aus Molekeln und Atomen besteht, auch endlich jedem Atom seinen Antheil davon lassen. Nur daß die Sache unter passende Ausdrücke gebracht und in angemessene, dem Dogma wohlanständige Form gegossen wird. Der Kern der Anschauung, daß jede organische Urmicelle dynamisch so begabt sei, um ihren richtigen Ort im Organismus zu finden, zu behaupten, neue ähnliche zu zeugen und mit den andern in Uebereinstimmung zu wirken, ist eben kein anderer, als der soeben kurz skizzirte. Freilich könnten dann so hoch begabten, selbstbeseelten Atomen, Molekeln, Mi-

cellen gegenüber alle Bedenken schwinden. Wir armen Menschenkinder müßten uns diese Wesen, die in Frieden und Eintracht so complicirte republikanische Einrichtungen treffen und fortbilden, und darin jedes zu ihrem Recht kommen können, als moralische Beispiele nehmen, und vor der kleinen Psyche, die ja nun jede Molekel unwiderleglich besäße, allen Respect haben.

Allein wenn wir auch in allem Ernst einmal diese ganze Urmolekel-Hypothese für den gewöhnlichen Lauf der Dinge für möglich halten wollten, so würden wir dennoch damit nicht auskommen. Es können jeder Zeit an die plastische Fähigkeit jedes Thier- oder Pflanzenkörpers Aufgaben herantreten, auf deren Lösung er weder nach eigener Arbeitsgewohnheit, noch durch elterliche Erbschaft eingerichtet ist. Jedem Individuum können z. B. Verletzungen zustoßen, welche ganz neue Anordnungen von Geweben, ganz absonderliche Neubildungen und Umwandlungen erfordern, wie solche weder das betroffene Wesen, noch vielleicht irgend einer seiner Vorfahren jemals herzustellen gehabt, zu denen die betreffenden Urmolekeln in demselben also nicht vorräthig und ihre Verwendungsweise mithin weder üblich noch erblich sein kann. Auch neue Lebensbedingungen, z. B. ein Versetzen eines Organismus an einen Ort, den keiner seiner Ahnen bewohnt hat, können ähnliche, völlig neue Einrichtungen nöthig machen, zu denen es an plastischen Modellen durchaus mangelt. Die in solchen Fällen überall hervortretende, in der Natur aller Orten vor Augen liegende Freiheit in der reproductiven Behandlung solcher Eingriffe in die Existenz des Einzelwesens würde zwingen, anzunehmen, daß eben die erblichen Formtypen-Molekeln auch befähigt seien, neben sich noch wieder ganz neue andere zu erfinden und zu fabriciren und sich über deren Vertheilung und Verwendung im weitesten Gebiet unter einander schlüssig zu machen. Wir überlassen Jedem zu urtheilen, ob das nicht heiße, kleinere Räthsel

oder Wunder, die schwer zu erklären scheinen, gegen unbegreiflich große zu vertauschen, die gar nicht zu begreifen sind.

Darnach hat denn nun auch diese letzte Zuflucht der atomistischen Auffassung, diese Annahme erblich übertragbarer Einzelträger der Formbildung, dieselbe durchaus im Stich gelassen. Die Versuche, die planmäßige Ausgestaltung der organisirten Wesen, ihren wiederkehrend sich ausprägenden Arttypus, ihre individuelle Entwicklung allein durch die Arbeit molecularer Kräftewirkungen zu erklären, haben zur Zeit nirgends das angestrebte Ergebniß geliefert. Wenn wir eingangs uns anheischig machten, zu versuchen, alle in die Augen fallenden organischen Bewegungen aus intermolecularen Beziehungen abzuleiten, so hat dies da seine Grenze gefunden, wo es sich nicht mehr um einfache chemische oder mechanische Arbeiten, sondern vielmehr um planmäßige Formentwicklung handelt. Die Thatsache aber, daß alle Organismen gerade in einer solchen ihre eigene Wesenheit besitzen, und ihre kleinsten Theilchen schon deshalb nach Plan und Ordnung zusammen- und umlagern müssen, läßt sich mit aller Mühe aus der Wirklichkeit nicht hinauswerfen.

Mithin müssen wir nun nach einer Bewegungs-Ursache, einer Kräftewirkung suchen, welche in wahrscheinlicherer Weise die Frage nach dem Zustandekommen der planmäßigen organischen Arbeit zu beantworten vermag. Dazu sei zunächst noch ein Blick auf die Ausgestaltungsweise des Thierkörpers geworfen.

Die Vorstellung, daß organische Gestaltung aus Krystallisationselementen zu erklären sei, bezieht sich sowohl auf animalische, als auf vegetabilische Körper. Die Bestrebungen jedoch, durch Schwerkraft, Licht, Wärme, Affinität u. s. w. die gesammte Gestaltentwicklung vor sich gehen zu lassen, sind wesentlich auf pflanzlichem Forschungsgebiet unternommen. Die am Boden haftenden Pflanzen haben eben die theoretische Tyrannei des Atomismus über sich ergehen lassen müssen. Die Thiere

sehen sich schon durch ihr Herumlaufen allein dem Versuch entzogen, ihre Gestaltbildung, ihre Stellung und Haltung von Schwerkraft und Licht zu Stande bringen zu lassen. Wie immer der Thierkörper der Schwerewirkung so gut wie jeder Stein oder Klotz unterworfen bleibt, so ist doch nicht bekannt, daß Jemand versucht hätte, die ganze Entwicklung eines Thierleibes von der Eizelle an, sowie die Bewegungen desselben zur Nahrungsgewinnung lediglich den genannten molekularen Kräften zuzuschreiben. Daß aber die Mücken lichtwärts fliegen, die Fliegen die Wärme suchen, die Wasserthiere in's Wasser, die Regenwürmer und Maulwürfe in die Erde schlüpfen, dürfte noch weniger Jemand auf Zwangswirkungen der Licht- und Wärmeschwingungen, der Schwere oder der Anziehungskraft des Wassers zurückzuführen unternehmen. Jeder, der auf seinen zwei Füßen steht, fühlt, daß er nicht ungestraft seinen Körperschwerpunkt über die Grenze seiner Unterstützungsfläche hinaus verlegen darf. Nur schiebt man bald diesen, bald jenen einzelnen Vorgang jenen Kräften zu. Neuerdings ist selbst der Nachweis versucht, daß, weil der Mensch im Keimlingszustand kopfabwärts existire, dadurch sein Kopf durch reichlichen Säftezufluß besser gedeihe als der der Thiere. Daher allein also stamme wesentlich die Ueberlegenheit des Menschenkörpers in gewissen seiner Fähigkeiten. Die Haltlosigkeit solcher Trugschlüsse vermag indessen jeder Laie so leicht zu durchschauen, daß ihre Diskussion hier unterbleiben kann. Doch hat noch Niemand gemeint, daß die Schwerkraft selbst ihn mit Gewalt in die Lothlinie zu stellen vermöchte. Der thierische Körper gestaltet sich vom Keim an nicht anders aus als der pflanzliche, nur daß jener, nicht an die Scholle geheftet und in seinen Theilen nicht von Anbeginn an bestimmte Richtungen gebunden, freier erscheint und dadurch gewisse Zwangs-Vorstellungen von vornherein abwehrt. Bei ihm wie bei der Pflanze sondern sich die verschiedenen Zellen- und Gewebeformen Schritt für Schritt aus

der einheitlichen heraus. Aus gleichwerthigen Zellen werden verschiedene, die Tochterzellen einer Mutterzelle geben entgegengesetzten Bildungen die Entstehung, Alles scheidet sich, zerlegt sich, gliedert sich und bleibt doch künstlich zusammengefügt, aus innerem, selbständigem Gestaltungstrieb, nicht auf irgend eine von außen eindringende Kräftewirkung, nicht auf Zwang der zufällig vorhandenen Molekular-Affinität, oder um sonstiger atomistischer Eigenschaften willen. Nicht aus einer von hinten her wirkenden Nothwendigkeit der sich aneinander reihenden Molekelbewegungen, die sich zweck- und ziellos abspielen, geht die Form des Organismus hervor und spinnt sich seine Entwicklung und Metamorphose fort. Vielmehr vollzieht sich der Aufbau und alle fernere Umgestaltung um des Zieles willen, das erreicht werden soll. Der aristotelische Ausspruch, das Ganze ist vor den Theilen, ist noch heut richtig. Von der Eizelle an wird jeder Protoplast in seiner Einzelarbeit von der zukünftigen Erreichung des Gestaltungszieles beherrscht, und die Gesammtleistung aller Zellen wird fort und fort so geleitet, daß alle in Uebereinstimmung auf dasselbe Ziel hinstreben. Dazu werden die örtlich verschiedenen Einzeltheile gebildet, die zeitlich verschiedenen Entwicklungszustände nacheinander durchlaufen, Hindernisse überwunden oder umgangen, Verluste ersetzt, Hülfsmittel aufgesucht und endlich die der Art eigene, beständige Gestaltenreihe zur Vollendung gebracht.

Ganz ebenso ist's mit den Pflanzen. Auch ihre Gestalt bildet sich frei von innen heraus, stellt sich jeder Beeinträchtigung gegenüber selbständig ohne Zwangseinflüsse wieder her und verfolgt den Weg nach dem vorbestimmten „Ganzen in allen Theilen".

Ist die Ausgestaltung des Thierleibes so weit gelungen, daß derselbe beweglich wird, so geht er auf den Reiz des Hungers der Nahrung nach. Wo diese zu finden, lehren ihn

die Reize, die seine Sinnesnerven treffen. Das von der Beute ausgehende Licht, das in die Augen des Raubthieres fällt, die von ihr ausgehenden riechbaren Stoffe, die in seine Nase gelangen, die Luftwellen, die an sein Gehörorgan schlagen, ziehen dasselbe nicht gewaltsam, man möchte sagen Atom für Atom, zum Genußgegenstand hin. Sie reizen sein Empfindungssystem und veranlassen dadurch die freie Bewegung zu diesem hin als Widerspiel. Ebenso erfährt also, wie oben schon gesagt, die Pflanze den Reiz des Lichtes und trifft ihre Maßregeln, um dasselbe voll zu genießen.

Und warum sollte auch hier zwischen Pflanzen- und Thierbewegungen eine so grelle Kluft principieller Differenz sein, da sie einander sonst so ähnlich sind? Haben wir nicht oben sorgsam nachgewiesen, wie beiderlei Körper vollkommen übereinstimmend gebaut sind, aus durchaus gleichwerthigen Theilen bestehen und entstehen, aus den lebendigen Zellenleibern? Mit welchem Recht spricht man, während man auf das Heftigste für die formale Gleichwerthigkeit der Pflanzen- und Thierzellen kämpft, jenen denn nun die virtuellen Qualitäten ab, die man diesen zuschreibt? Es ist dies um so weniger begründet, als ja oben die Empfindlichkeit des Pflanzenleibs gegen einen Theil derselben Reize, denen der Thierkörper unterliegt, nachgewiesen ist. Wenn die Ranken auf Berührung einer Stütze sich krümmen, die Wurzeln nach unten, die Sprosse und Blätter lichtwärts wachsen, so muß das pflanzliche Protoplasma so gut wie die thierische Nervensubstanz für Stoß und Druck, für die Schwerkraft, für die Lichtschwingung eine gewisse Empfindlichkeit haben; d. h. es zeigt Anfänge des Tastvermögens, des Lichtsinnes und der Empfindung innerer Zustände überhaupt. Für verschiedene Farben hat es selbst unterscheidende Empfindlichkeit.

Es ist ferner oben erörtert worden, wie heutzutage zwischen gewissen einzellebigen Thier- und Pflanzenzellen über-



haupt kaum noch eine Grenze zu ziehen ist. Das Aussehen und Benehmen der thierischen und pflanzlichen Amöben ist genau genommen gar nicht verschieden, und man klassificirt sie nur ihrer Herkunft und ihrem Entwicklungsziel nach. Thierische Flagellaten und Rhizopoden und pflanzliche Palmellen und Volvocinen und Andere machen ein zwischen beiden Reichen streitiges Gebiet aus. Ob die Bacillarien Thiere oder Pflanzen seien, ist weder aus ihrer Form, noch aus ihrem Benehmen recht klar festzustellen. So gibt es noch Viele. Eine große Zahl von Straßen, Pässen und Brücken führen über die Grenze zwischen Thier- und Pflanzenreich. Wenn nun hier eine Menge einzelliger Wesen weder in Form noch Eigenschaften ein durchgreifendes Merkmal der einen wie der anderen Natur finden lassen, die einen wie die anderen gebaut sind, die einen einen Lebenswandel zur Schau tragen, wie die anderen, wenn ferner von diesen neutralen Gebilden aus nach beiden Seiten hin zu deutlich thierischen und pflanzlichen Wesen unmerkliche Uebergangsreihen existiren, so ist nicht einzusehen, warum denn die Pflanzenzelle, wie sie alle morphologischen Grundzüge der Thierzelle zeigt, nicht auch an ihrer dynamischen Befähigung ihren Antheil haben soll.

Wir nehmen für die Thiere einen ihnen innewohnenden selbständigen und forterblichen Gestaltungstrieb an, der nach dem Plan arbeiten läßt. Dasselbe muß für die Pflanze gelten. Die normalen Organgestaltungen sowohl, wie die den Umständen anzupassenden Abweichungen derselben vollziehen sich in beiden gleich. Die Wiederherstellung nach Verletzungen, das Streben, Widerstände zu überwinden, stimmt in beiden überein. Eine einheitliche Kräftewirkung regelt in beiden das Ganze und läßt alle Einzelzellen harmonisch zusammenwirken. Eine Gesammtkraft oder eine einheitliche Kräftegruppe, so scheint es, beherrscht alle die einzelnen Theile. Neue Atomgesellschaften können in das Wirkungsgebiet dieser Kraft oder

Kräftegesellschaft eintreten, alte sie verlassen. Ernährung und Ausscheidung beruhen auf solchem Wechsel. Folglich ist die Kraft keine atomeigene, sondern übertragbar wirkende, nicht der Affinität, sondern vielleicht eher der Electricität vergleichbar. Keiner der atomistischen oder sonstigen in der anorganischen Natur nachweisbaren Kräfte identisch, tritt dies System von Bewegungsursachen unter dem Anschein einer eigenen Naturkraft auf, die, den anderen verschwistert, dennoch an einer Gesammtheit eigenthümlicher Wirkungen zu erkennen ist, die den anderen durchaus abgeht. Dies ist der zweite Satz unserer Hypothese. So lange es eben in der Wissenschaft als richtig gilt, daß ungleiche Ursachen sein müssen, wo ungleiche Wirkungen sind, kann man nicht mit Recht behaupten, daß die planmäßig auf ein vorbestimmtes Ziel los arbeitenden Gestaltungsvorgänge der Organismen nichts seien, als combinative Wirkungen atomeigener oder strahlend und schwingend wirkender Kräfte. Freilich sagt man, es könne doch Niemand heute schon für alle Zeit feststellen wollen, daß es nicht *möglich sein könnte*, mit der Zeit nachzuweisen, daß die Ursachen der Lebensbewegungen dennoch nur in gewissen Combinationen der atomeigenen Kräfte gefunden würden, welche eben nur in gewissen Atomgenossenschaften und unter gewissen Umständen in Wirksamkeit treten. Andererseits ist beim heutigen Zustand der Wissenschaft die *Behauptung*, daß dies *sicher werde nachgewiesen werden*, ein ebenso müßiges Beginnen, als wenn Jemand sagte, daß die Kräfte, mittelst deren er heute auf keine Weise mehr als einen Centner habe aufzuheben vermocht, morgen oder übermorgen ganz sicher ausreichen würden, deren hundert in gleicher Zeit emporzuheben.

So lange also Solches nicht gelingen will, heiße uns das System von Ursachen, die Gruppe von Wirkungen, welche die Organismen ausformt und aus anorganischem Stoff baut, erhält und fortbildet, „die Eigengestaltungskraft“ oder „Eigen-

gestaltsamkeit". Bei den Thieren wird neben ihr schon auf sehr niederer Stufe eine Bewegungsursache ähnlicher Natur angenommen. Wenn das Thier auf Sinnesreiz seiner Nahrung nachgeht — und sei es auch der einfachste Flagellat oder Rhizopode — so sagt man, sein „Instinct" leite es. Und man taxirt diesen Instinct in's Gebiet der psychischen Kräfte. Genau dieselbe Kraft ist es, welche die Schwärmsporen der Algen, die Spermatozoiden aller Kryptogamen den Weg zu ihrem Ziel finden läßt. Und wiederum dieselbe Kraft ist es, welche die Blätter immer wieder ihre Lichtseite sonnenwärts kehren, die Wurzeln das Feuchte suchen läßt. Dieselbe Freiheit, mit der die Biene den Weg zur Honigspende sucht und findet, dieselbe zeigt die Schwärmspore, das Spermatozoid, wenn auch in geringerem Maße. Und dieselbe zeigt das Blatt, der Sproß in seiner Neigung zum Licht. Somit haben auch die Pflanzen Theil am Instinct. Nur daß er hier vorzugsweise mittelbar durch die Gestaltsamkeit seinem Streben genügt, und daß es mehr Wachsthums- als Ortsbewegungen sind, die „instinctmäßig" d. h. mit anderen Worten „unbewußt zweckmäßig" von der Pflanze ausgeführt werden.

Nunmehr erklärt sich auch das seltsame Wider- und Nebenspiel der oben unerklärt gebliebenen geo- und heliotropischen Bewegungen der Pflanzentheile. Vom Lichteinfluß abgeschlossen, wenden sich niedergelegte oder abwärts gebogene Pflanzenstengel, so lange sie noch im Wachsen sind, mit dem Scheitel grade aufwärts, und die Blätter stellen sich horizontal mit der Lichtseite nach oben, gleichviel, ob sie am Stengel haften, oder von ihm getrennt sind, wie oben schon weiter ausgeführt ist. Vom Lichte beschienen, werden die genannten Pflanzentheile alle diese Bewegungen ganz ebenso gegen die Richtung der einfallenden Lichtstrahlen ausführen, wie im andern Fall gegen die Lothlinie. Beleuchtete Pflanzen wissen scheinbar nichts von der Schwerkraft. Sie folgen nur dem

Lichtreiz. Im Dunkeln können sie diesen nicht empfinden. Also suchen sie das Licht, dessen sie entbehren, aber doch bedürfen. Ihrer Körpereinrichtung nach müssen sie suchen, es mit der Oberfläche der Blätter zu fangen. Gewohnheitsgemäß haben sie es von oben zu erwarten. Denn um des Lichtgenusses willen wachsen die Pflanzen aufwärts und halten die Blätter zur Seite ausgestreckt. Wo oben und unten ist, wird dem Pflanzen-Protoplasma ebenso eingeprägt, wie den Thieren und uns Menschen. Die Pflanzen richten sich also im Dunkeln auf, nicht weil die Schwere sie dazu zwingt, sondern weil sie mittels derselben, so zu sagen, empfinden, wo oben und unten ist. Nun ordnen sie ihre Theile hiernach, bis der Lichtreiz selber unmittelbar den stärkeren Anlaß gibt, sich nach ihm zu richten und die Schwerkraft zu ignoriren oder ihr die Waage zu halten. So verlängern sich die Stengel lichtbedürftiger Pflanzen im Keller, im Waldesdunkel, nicht weil die Lichtschwingungen ihre Holzfasern nicht am Wachsen hindern können, sondern eben weil sie instinctmäßig nach Licht, nach Assimilationsmöglichkeit, nach Ernährungsfähigkeit suchen müssen, und es, bevor sie das erreicht haben, zweckmäßig unterlassen, den innern Ausbau ihres Stengels weiter zu betreiben. Finden sie es, haben sie das Licht in irgend einem Durchblick erreicht, oder ihre Nachbarn überwachsen, so hört das Wachsthum nicht auf, weil das Licht es hindert, sondern weil dieser Zweck des Wachsens und Wendens erreicht ist. Aus demselben Grunde, unter der Macht instinctiver Gestaltungsregelung, kehrt die Blume, die Frucht in die Stellung zurück, ohne die sie ihre Arbeit nicht leisten kann. Aus demselben Grunde streckt die Schwärmspore, sobald die Zeit ihrer Bewegsamkeit beginnt, aus dem Protoplasma ihre Cilien heraus, und zieht sie wieder ein, wenn sie sich ansiedelt, nicht weil das Wasser diese Organe durch Affinität oder sonst was herauszöge, und der feste Grund sie wieder hineinpreßte. Aus demselben Grunde spannt der Proto-

plast bewegliche Bänder durch seine Leibeshöhle, wenn dort für diese etwas zu thun ist. Er sammelt sie wieder und häuft allerlei Masse dort an, wo er seine Theilung vorbereitet. Er schiebt eben, — um tausend andere Beispiele auf sich beruhen zu lassen, — seine Theilchen innerhalb seines ganzen Leibes zusammen oder lockert sie genau an dem Ort, in der Weise, in der Anordnung, in der Zeitfolge, wie es eben die für ihn planmäßig bestimmte Aufgabe erheischt, daß er seine bindenden, lösenden, gestaltenden Arbeiten zur Ausführung bringe.

Mit dem letzten ist dann nun überhaupt der Punkt bezeichnet, wo die Gestaltsamkeit vermuthlich ihren eigentlichen und alleinigen Angriffspunkt hat. Wir blieben oben dabei stehen, daß wir eine ordnende Kraft vermißten, welche die stete Umlagerung, Verdichtung, Lockerung der Protoplasmamicellen dem Gestaltungsbedürfniß nach zu regeln vermöchte, damit das Resultat ihrer chemischen-plastischen Kräfte kein chaotisches, sondern ein geregeltes sei. Wir haben ausreichenden Grund, anzunehmen, daß wir lediglich in der Gruppirung der unter sich verschiedenen Micellen des Protoplastius, ihrem engern Zusammen- und weiteren Auseinandertreten einstweilen den letzten, rein atomistischen Grund der chemischen und plastischen Thätigkeit der Protoplasten — also des ganzen Organismus — suchen dürfen. Also heischen wir nun auch zum Abschluß unserer Erklärung suchenden Hypothese von der Kraft oder der Kräftegruppe, die wir einstweilen Gestaltsamkeit genannt haben, lediglich, daß sie die Wirkung habe, die Theile des Protoplasmas jeder Zeit und an jedem Ort nach Plan und Bedürfniß zu bewegen und umzuordnen, neue Stofftheile dazu in ihren Wirkungskreis zu ziehen, andere dafür auszuscheiden, und zwar nach dem Entwicklungs- und dem Lebensplan nicht blos der einzelnen Zelle, sondern des gesammten vielzelligen, organischen Einzelwesens. Dies auszuführen, muß diese Kraft in ihrer Wirkung von äußeren Reizen ebenso wie von

eigener Selbstbestimmung beeinflußt werden können. Diese Einflüsse gelangen durch atomistische Kräftewirkungen -- schwingende oder anziehende — von außen zu den Protoplasmamicellen. Wie sie diese packen, wissen wir nicht. Welche stofflichen Vorgänge sich im thierischen (der Nervenzelle) oder im pflanzlichen Protoplasma vollziehen, damit auf eine Reizerschütterung eine „Reflexbewegung“ erfolge, wissen wir nicht. Hier geht eben schon der Weg zwischen Atom und Atom eine Strecke weit durch psychisches Gebiet. Darum sind eben die Reize, wie oben schon gesagt, solche Bewegungsursachen, die sich zur Zeit durch Uebertragung von Atom zu Atom allein nicht erklären lassen. Wir nennen alsdann Instinct den Anlaß zu Bewegungen der organischen Materie, die aus solchen Kräften, welche in deren unveräußerlichem Eigenbesitz selbst sind, nicht entspringen können. Der Reiz hierzu im Thierkörper endet wiederum mit seiner Wirksamkeit hinter den Atombewegungen auf psychischem Boden, da wo die Empfindung vernommen und der Willensreiz dafür thätig wird. Auf diesem auch liegt die Kräftequelle der Instinctbewegung und liegt die Ursache zu der Wirkung verborgen, welche die Materie packt und zur nützlichen Bewegung zwingt. Hier verbirgt sich das Räthsel des Uebergangs zwischen stofflichen und psychischen Kräften, aber ganz ebenso auf thierischem wie auf pflanzlichem Gebiet. Gestaltsamkeit und Instinct sind die Wirkungen von Naturkräften, welche, so könnte man sagen, in der Mitte stehen zwischen den atomeignen und denjenigen, die wir rein psychische zu nennen gewohnt sind. Ob es etwa zwischen diesen und der Materie, deren Bewegung sie veranlassen können, einer Vermittlung, eines dem hypothetischen Lichtäther vergleichbaren Mediums bedarf, — das zu erwägen, wäre zur Zeit ergebnißlose Speculation.

Nehmen wir hiermit neben den andern Naturkräften, die überall durch anorganische und organische Körper gleichmäßig

wirken, einstweilen eben noch diese besondere Kräftewirkung an, welche lediglich in den Organismen wirkt, deren nächste Ursache ist und die als ihr unmittelbares Geräth und Angriffsobject stets gewisse chemische Verbindungen, die Albuminate, braucht, so stellen wir keine gewagtere Hypothese auf, als die sind, welche man über die Bewegungsursache in den electrischen und magnetischen Erscheinungen gelten läßt. Nur die Anziehungskräfte erscheinen seßhaft als Besitzthum im einzelnen Atom. Schon die Schwingung erregenden ziehen von einem auf's andre über. Noch mehr scheinen das die Strömung erregenden zu thun. Einen Schritt ferner von ihnen liegt die Gestaltsamkeit. Sie geht auch von Atom zu Atom über. Aber sie veranlaßt die Bewegungen eben nicht blind und planlos nach dem Gesetz allgemeiner Nothwendigkeit, sondern nach dem besonderer, organischer Planmäßigkeit. Sie schafft individualisirte Stoffgruppen, deren materielle Theile wechseln und vorüberziehen, während verschiedene Substanz durch ihre Hand geht. Die materiellen Molekeln üben die Arbeit aus, die wir Leben nennen, so lange sie sich unter der Botmäßigkeit dieser Kräftewirkung befinden. Vorher und nachher sind sie leblos. Völliges Zertrümmern der zur Lebensarbeit gestalteten Substanz läßt die individualisirende, gestaltende Kräftewirkung, die darin waltet, erlöschen. Niemals erwacht dieselbe von selbst wieder, selbst in ähnlicher Stoffverbindung nicht. Sie haftet am Dasein gewisser Stoffverbindungen, die sie geordnet hat und beherrscht. Sie wirkt in diesen fort, zertheilt sich mit denselben, und wo zwei oder mehrere dergleichen Stoffgruppen miteinander verschmelzen, vereinigen sich auch ihre Wirkungscentren zu einem einzigen.

Allen Einwänden gegenüber ist festzuhalten, daß diese Hypothese zur Zeit die einfachste ist, die Mehrzahl der beobachteten Lebens-Erscheinungen — wenn auch nicht etwa erklärt — so doch unter einheitlichem Gesichtspunkt vorstellbar macht, mit

keiner zur Zeit in Widerspruch steht und nicht aus einem kleinen Wunder ein größeres macht, sondern während sie viele Räthsel löst, die meisten andern auf ein einziges, einfacheres zurückführt. Auf Grund dieser Thatsache können wir gewissen, mehr materialistischen Auffassungen der Biodynamik gegenüber unsere Anschauung festhalten, während man andererseits sich plagen mag, die Ursachen des Lebens auf Wegen zu suchen, wo sie schwerlich jemals zu finden sind, wo dagegen die Früchte, die man erntet, je länger, desto mehr Beweise für den Gegensatz zwischen leblosen und lebendigen Erscheinungen und deren Ursachen an's Licht fördern, und uns dadurch immer weiteren Vortheil für unsere Ansicht bringen müssen.

12. Der Lebensträger.

Das Wachsthum der Thiere und Pflanzen und die Ausformung ihrer Organe hängt von dem Wachsthum und der Gestalt der Zellgewebe ab, diese von der der Einzelzelle. Die Zelle mit Wand und Inhalt ist ein Erzeugniß des Protoplasten. Ihre Form ist ein Abguß von der seinigen.

Die Gestalt des Protoplasmas wird von ihm selber ausgebildet und jeden Augenblick verändert durch seine Befähigung, seine eignen, gröberen wie allerfeinsten Theilchen nach Ort und Zeit beliebig zu ordnen und zu verschieben. Dadurch fabricirt er chemische Verbindungen und entsendet sie dahin, wo sie mechanische, architectonische oder abermals chemische Arbeit leisten sollen. Dazu gliedert sich der Protoplast, formt sich in seinem eigenen Leibe Geräthe, Organe, wie er sie braucht, umhäutet sich, höhlt Räume für feste und flüssige Fabrikate oder Reservestoffe und bahnt in sich Canäle für Saftströme behufs innerer Verkehrserleichterung zwischen seinen Bestandtheilen. Er theilt sich in mehrere Individuen. Er verschmilzt mit seinen Nachbarn zu Individualitäten höherer Ordnung oder zu doppelt begabten, ähnlichen Neuwesen.

Der Protoplast ist das organische Individuum in letzter Instanz, nicht die Molekel oder die Micelle. Daß organische, selbst psychische Einzelwesen sich theilen und wiederum zu allgemeinerer Wesenheit vereinigen können, wirft ein Licht auf den sehr verschiedenen Werth der organischen Individualität überhaupt. Die Einzelzelle kann als vollendetes Einzelwesen ihr Leben abspielen. Dann ist der Protoplast sein eigener Alleinbeherrscher, ein Monoplast, ein Einsiedler. Viel öfter aber bilden viele Zellen ein Individuum höherer Ordnung, eine Republik, wie es scheint. Der Zellenstaat erreicht in dem Körper des mit Geiste begabten Menschen-Individuums den vollkommensten und höchsten Ausdruck. Zwar arbeiten auch in diesem die Millionen Protoplasten zum Theil scheinbar selbständig, zum Theil zu Individualitäten mittleren Ranges verschmolzen. Allein alle arbeiten materiell zusammen nach gemeinsamem Gestaltungs- und Erhaltungsplan. Und dabei hängen sie als Ganzes ab von der Willenswirkung des individuellen Geistes, dem sie das Substrat sind und das Lebensgeräth bilden.

Schon die höhere Pflanze ist dazu das Vorbild. Auch hier schon fügen sich zahllose Einzelzellen dem Gesammtinteresse, freilich nicht nach bewußtem Willen, sondern den planmäßig gestaltenden Einwirkungen unbewußter Triebe. Aber auch hier tritt die selbständige Einzelwesenheit schon völlig deutlich in Geltung.

Im vorstehenden Kapitel haben wir die Frage nach der Natur der einheitlich wirkenden Gestaltungstriebe zwar wesentlich in Bezug auf die autonome Thätigkeit des einzelnen Protoplasten erörtert. Doch haben wir zugleich eine nicht minder in's Auge fallende ähnliche Gestaltungs- und Erhaltungseinheit der ganzen Organismen in's Licht gestellt. Ist das Protoplastin einmal der Sitz der Bildungs-Autonomie, so ist die Zusammenwirkung der zu einem Leibe gefügten Theile des-

selben in der Einzelzelle plausibel. Aber die Protoplasten sind meist durch Hüllen von einander getrennt. Wie haben wir uns also zu denken, daß sie miteinander stofflich Fühlung gewinnen, um alle dann planmäßig zusammenarbeiten zu können? Wie verständigen sie sich dazu untereinander? Oder werden alle diese, sofern sie einen Gesammtorganismus zusammensetzen, von nur einer einzigen Quelle gestaltender und verwaltender Kräftewirkungen aus beherrscht? Und wo hat diese dann ihren Sitz?

Für den Körper der höheren Thiere haben wir Grund, das Nervensystem und zumal dessen Centralorgane als Quelle und Hauptangriffspunkt der psychischen Kräftewirkungen anzusehen. Etwas Aehnliches vermissen wir im Körper der mehrzelligen Pflanzen. Es sei denn, man wollte die durch diese sich hinziehenden, fadenartigen Protoplasmavereinigungen, wie besonders etwa die sehr künstlich geformten Siebröhren, als materielle Verbindungswege anschauen, auf denen Reize zu Gestaltungs-Anordnungen sich fortpflanzten, etwa den thierischen Nerven vergleichbar. Doch läßt sich das heutzutage noch nicht nachweisen. Auch bliebe dann weiter zu fragen, wie die Protoplasten der andern, einzeln in ihrer Umwandung abgeschlossenen Zellen miteinander in Verständigung treten. Freilich, wer kann zur Zeit sagen, ob nicht Protoplastin-Vereinigungen durch die Zellwände hindurch in einer Feinheit stattfinden können, welche jenseits der Leistung unserer heutigen Mikroskope liegt? Es giebt nicht wenig Fälle, die Solches vermuthen ließen. Hier bleibt noch ein Räthsel fernerer Forschung überlassen. Wir müssen uns zur Zeit mit der Thatsache begnügen, daß eben eine einheitliche Kräfteherrschaft jeden Gesammt-Organismus ebenso in allen Theilen regiert, wie die Einzelzelle im Besondern, solange beide selbst ungetheilt bleiben. Wie diese überall die Molekeln angreift und zur Bewegung zwingt, wissen wir, wie schon gesagt, noch nicht. Doch

sind wir auch in anderen Zweigen physischer Forschung nicht besser daran. Man kann z. B. noch durchaus nicht vorstellbar machen, wie ein Stoffatom es macht, Billionen Meilen weit hinauszugreifen, um ein anderes dort zu fassen und zu sich zu ziehen, oder wie das eine in alle Ferne hin ein anderes veranlaßt, seine schwingende Bewegung mitzumachen. Nur daß man sich an diese Wunder schon länger gewöhnt hat. Kleiner als jenes sind sie nicht. Die größte Wunderbarkeit nur ist, daß man das eine dieser Wunder übersieht und das andere anstaunt und sich vor ihm fürchtet.

Die selbständig lebende Einzelzelle ließe sich hierin vielleicht am leichtesten verstehen, wenn wir zwei Räthsel zusammenbrächten und den oben geschilderten, räthselhaften Kern, den ihr Protoplasmaleib enthält, als vermuthlichen Centralsitz der räthselhaften, vitalen Kräftewirkungen ansähen. Sein Auftreten bei allen wichtigen Zellactionen, sein Thronen in der Mitte, sein Herumfahren hier- und dorthin, sein Einleiten und, wie es scheint, Beherrschen des Theilungs-Vorganges, seine stoffliche Differenz, die relative Ruhe in seinem Innern bei der rastlosen Bewegsamkeit der übrigen Protoplasmaglieder, dies Alles zusammengenommen gibt diesem Organ ein gewisses Recht, für etwas Besonderes in der Zelle, für ihren Special-Beherrscher angesehen zu werden. Wir können uns kaum der Vermuthung entschlagen, daß ihm die Reizursachen entquillen, die durch den ganzen Protoplasmaleib sich fortpflanzend die Gesammtwandung desselben treffen, seine Thätigkeit leiten und sein Gebiet nebst Zubehör verwalten. Diese Ansicht dürfte in der Verrichtung mehrerer thierischen Zellen keine geringe Bestätigung finden. Freilich aber, wie dann im Kern selbst Kräftequellen entspringen und zuerst die Materie erfassen und bewegen, bliebe doch ebenso räthselhaft. Und so dürfte auch vielleicht der gesammte Protoplasmaleib als Herd aller dieser Wirkungsspiele sein Recht behaupten.

Wir fänden dann in überraschender Weise, — viel mehr, als es selbst von der Mehrzahl der Zellenforscher bisher beachtet ist, — von der einfachsten Gewebezelle sowohl wie von den Desmidiaceen, Bacillarien, Flagellaten, Rhizopoden an alle organischen Differenzen schon vorgezeichnet, welche sich durch das ganze organische Reich aufwärts immer mannigfaltiger, vollkommener und feiner auseinanderlegen. Solche Zelle hat, so einfach sie ist, wie ein vielzelliger Organismus, ihr Hautsystem, oft nebst schalenartigem Skelet, ihre Leibeshöhle mit Arbeits- und Reserve-Material in besonderen Räumen, ihr Lebenscentrum nebst dessen Verbindungen mit allen Theilen, eine Circulation ihres Binnensaftes, sie assimilirt, sie athmet, sie secernirt, sie wächst, sie verwandelt sich, sie pflanzt sich fort — sie hat ihre Zeit der individuellen Einzelexistenz, bis sie in andere dergleichen aufgeht.

Alle diese Differenzen legen sich zuerst schon im Pflanzenleib, weiter und vollkommener im Thierleib zu den verschiedenen organischen Systemen auseinander, die dann alle jene Thätigkeiten gesondert verrichten. Mit den organischen Systemen sondern sich diese in gleichem Schritt. In der allereinfachsten pflanzlichen Einzelzelle haben wir oft im ganzen Protoplasma nur wenig Formgliederung, und man kann denken, daß dasselbe an allen Orten empfinden, athmen, Stoffwandlungen vornehmen und plastisch arbeiten kann. Allmählich sondern sich die Theile einer Zelle, dann theilen die ganzen Zellen sowohl Arbeit als Gestaltung zu derselben. Ernährung, Fortpflanzung, Empfindung, Bewegung, — dann Verdauung, Assimilation, Athmung, Circulation, Secretion werden zuerst verschiedenen Orten und Gliedern eines Protoplasten, dann verschiedenen Protoplasten, dann verschiedenen Organen überwiesen, und so alle Thätigkeit immer mehr und mehr differenzirt und im gleichen Maß immer vollkommener geleistet. Arbeitstheilung und Formsonderung schreiten gemeinschaftlich

voran. Ganz ebenso entwickeln sich die Sonderungen im Thierreich. Das Gesammtprotoplasma thierischer, einzellebiger Zellen, in solchen auch Sarkode genannt, verrichtet oft Empfindung, Bewegung und Ernährungsarbeit zugleich. Allmählich sondern sich aus der gleichmäßigen Sarkodemasse hier Taschen für Verdauung oder Stoffwandlung, dort Bewegungsfasern (Fleisch), dort endlich Nervenfasern und alles Weitere.

Und ebenso sondert und vervollkommnet sich in wiederum gleichem Schritt die psychische Begabung. Die Anfänge von ihr finden wir in der Gestaltsamkeit und den meist damit noch eng verknüpften Instinct- und Reflexbewegungen. Im Thierreich sondert sich die Psyche reiner heraus. Mit der Trennung besonderer Empfindungsorgane von dem oben erwähnten, allgemeinen Protoplasma, das Empfindung, Bewegung und Ernährung zugleich besorgt, tritt die empfindende Seelenthätigkeit neben der bloß ernährenden und gestaltenden deutlicher auf. Ebenso die Willensäußerung mit der Ausbildung besonderer Fortbewegungs- und Greiforgane. So geht es fort bis zur Höhe morphologischer und psychischer Vollkommenheit, wo dann endlich in dem genügend hergerichteten, mit feinstem Geräth ausgestatteten Bau die Gemüthsregungen auftreten und die Geisteskräfte ihren Einzug halten, um ihr buntes Spiel treiben zu können. So gestaltet sich die Stufenfolge der Organismen, oder sagen wir mit Carrière, der „Emporgang" des Lebens in der materiellen Gliederung der Form, wie in der dynamischen Differenzirung des seelischen Theiles der Organismen.

Je höher hinauf, desto deutlicher wird die Macht der nicht stoffeigenen und der psychischen Kräfte über die Stoffatome mit ihren Kräftebesitzthümern. Immer aber bleiben jene an ihr materielles Substrat gebunden, soweit sie innerhalb der Grenzen unserer Naturkenntniß zur Erscheinung kommen. Wir kennen keinen Fall, daß psychische Kräftewirkungen (wir schließen hier

die höchste Potenz derselben, die Einheit der menschlichen Geistes-kräfte, von der Betrachtung aus) ohne ein materielles Vehikel von einem organischen Individuum auf ein anderes übergehen könnten, wie etwa die Lichtschwingungen mittels der Strahlung. Daß sie indessen im Verein mit einer lebendigen Zelle oder einem lebendigen Theil einer solchen mitgetheilt werden können, bezeugt außer den oben schon beleuchteten, anderen Vorgängen vor Allem der der geschlechtlichen Zeugung. Wie schon oben gesagt, bringen Spermatozoid und Eizelle je ihren Antheil virtueller Eigenschaften zugleich mit ihrer materiellen, elterlichen Mitgift zusammen, und während die Theile von diesen plastisch miteinander verschmelzen, mischen sich auch jene. Und daraus geht ein doppelt begabtes Neuwesen hervor, und wenn die beiden Zeugungszuthaten aus recht weit von einander abweichenden Individuen des Formenkreises einer Art abstammen, so wird die Mischung des Neuwesens eine um so reichere Qualitätensumme erhalten und die Lebenskräftigkeit und fernere Gestaltsamkeit der Art um so mehr fördern.

Denn die Erfahrung lehrt einerseits freilich, daß eine jede Zelle eines jeden Individuums in letzter Instanz den gesammten Formenschatz der Art, der sie angehört, gelegentlich ausgestalten kann. Allein zunächst pflegt eine jede doch eine weniger ausgedehnte Plasticität zu zeigen, die etwa in dem Kreis des Individuums oder sogar nur dem des Organs, dem sie angehört, beschränkt bleibt. So sehen wir in der That, daß einzelne Zellen oder Knospen oder Sprosse, wenn sie zur selbständigen Entwicklung gelangen, meist nur einen Abklatsch des Muttersprosses oder Mutterstockes liefern, wärend Samenkeime, die durch Zeugung, also durch Vermischung zweier Zellenleiber verschiedener Abkunft entstanden sind, sich stets freier durch das Gebiet des Artformenkreises bewegen können.

Es vererben sich also hier gleichzeitig die der Lebensthätigkeit zu Grunde liegenden Kräftequellen mit ihrem materiellen

Substrat, das stets und ausnahmslos nur ein echter, selbständiger Protoplast ist (Eizelle, Spermatozoïd, Pollenzelle). Daß beliebige andere Substanzen, die ihren Platz in irgend einem Organismus gehabt haben, oder daß abgetrennte Fragmente von Protoplasma das vermöchten, dafür spricht zur Zeit noch keine einzige Thatsache. Es ist freilich beobachtet worden, daß sehr große, zumal lang gestreckte Protoplasmaleiber, wie sie etwa in gewissen Algen vorkommen (z. B. in den Vaucherien), künstlich zerschnitten ihre Wunden ausheilen und als mehrere, nun getrennte Protoplasten weiter vegetiren können. Allein dies geschieht doch nur, wenn die Theilstücke groß genug geblieben sind, um von ihrer natürlichen Gliederung und Gestaltung bei der Verwundung nicht mehr einbüßen zu müssen, als daß eben der Rest sich leicht noch wieder zu einem neuen Individuum ab- und zusammenschließen kann. Nur in wirklich gestaltetem, innerlich differenzirtem, der Endosmose fähigem Protoplasma kann das Leben sich halten, und nur durch solches sich übertragen. Aus zerfallenen, gewaltsam in formlose Bruchstücke zerrissenen Trümmern desselben wacht, wie schon oben gesagt, keine Lebensthätigkeit wieder auf. Die Continuität des Lebens, die sich von Individuum zu Individuum, von Geschlecht zu Geschlecht fortspielt, darf nie unterbrochen werden, ohne eben für immer negirt zu sein. So wenig wie aus anorganischer Substanz, ebensowenig springt der Lebensfunke wieder auf in protoplastischen Resten, die einmal der organischen Gestaltung verlustig sind.

Wenn nun dies nicht angeht, so ist erklärlich, warum wir heutzutage auch keinen Stoff weder in der Natur finden, noch künstlich im Laboratorium mischen können, in dem sich plötzlich lebendige Gestaltungskräfte „auszulösen“ vermöchten. Man glaubte einst einen solchen „Urschleim“ suchen zu sollen und endlich auch denselben gefunden zu haben. Der ganze Meeresboden fast war plötzlich mit Protoplastin tapeziert, das überall

Lebenskeime abliefern konnte, die dann ihre Thätigkeit beginnen mochten. Man taufte diesen Urvater aller lebendigen Protoplasma-Generationen Bathybius. In der That lebte er nur in der dunklen Tiefe des wissenschaftlichen Aberglaubens. Man sah andrerseits überall sich einzelne kleine „Protoplasmaklümpchen" herumtreiben, die nur darauf warteten, in's Leben zu treten. Freilich hat es noch keinem derselben gelingen wollen, und auch die unbegrenzte, die Welt des Lebendigen umschlingende Mitgardschlange, der Bathybius, hat sich, von ihren Erzeugern selbst verlassen und an ihrem wirklichen Dasein selber verzweifelnd, auf den Grund des Oceans in einen Kreideschleim aufgelöst.

Gleichwohl ist und bleibt man berechtigt, sich zu fragen, wo denn das erste Protoplastin hergekommen ist, woher es seine organische Gestaltung und seine Begabung mit Eigengestaltsamkeit und damit den Anfang instinctiver, seelischer Kräftequellen erhalten hat, um alsbald die große und allgemeine Lebensarbeit und die lange Reihe organischer Formen beginnen und fortbilden zu können.

Auf diese Frage wissen wir zur Zeit schlechterdings keine Antwort zu geben, die den Werth eines Phantasiegebildes überstiege. Auch mit den Vorstellungen über die Gestaltung der unbelebten Massen unserer Erde kommen wir nicht über die Annahme einer gewissen Anzahl chemisch-mineralischer Stoffverbindungen, wie sie jene noch heut ausmachen, hinaus. Und gehen wir mit kühnstem Speculationsschritt noch weiter rückwärts, bis wir unser Sonnensystem als feurigen Gasball erblicken, so verhüllt uns doch ein undurchdringlicher Vorhang das Drama, in welchem sich die wirr durcheinander gemischten Elementar-Atome zu den Molekeln jener Mineralverbindungen zusammengefunden haben. Hinter demselben Vorhang mögen auch die ersten Atomgenossenschaften von Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Schwefel zu den ersten Proto-

plastin-Molekeln zusammengefügt sein. Denn die kühne Vorstellung, daß solche ersten organischen Keime von anderen Weltkörpern mittelst Meteor-Fahrpost auf unsere Erde expedirt seien, ist doch wohl allzu unglücklich gewählt, um ernsthafter Diskussion zu bedürfen. Abgesehen von dem Mangel an Luft und Wasser und der Wärmearmuth im Weltenraum dürfte zunächst jeder Neugierige fragen, wie denn nun auf jenem Körper, der die organische Priorität besessen hätte, der erste Lebenskeim zu Stande gekommen wäre. Woher aber jenen übrigen Atomen und den aus ihnen zusammengesetzten nicht organischen Molekeln auf der Erde selbst ihre dynamische Mitgift an Affinität u. s. w. geworden ist, daher mögen auch diese organischen Stofftheilchen ihre Gestaltsamkeit und Fortentwicklungsfähigkeit zugetheilt erhalten haben. Beides sind noch unlösbare Räthsel. Nur daß diese, sobald sie in jenem ersten — vielleicht einzig gebliebenen — Urzeugungs- oder Urschöpfungsact in Individualitäten vertheilt und zusammengefügt waren, nun außer dem atomistischen Kräftebesitzthum auch individuenweis eine Quelle derjenigen Kräftewirkungen mit erhielten, welche den Ausgangspunkt psychischer Naturerscheinungen bedingte. Wo aber und wann dies geschah, weiß Niemand und wird dem Menschengeist vielleicht immer verhüllt bleiben. Einmal aus dem chaotischen Stoffgemenge in kultivirbarem Medium, sei es Wasser oder feuchtes Land, angelangt, konnten die Lebenskeime dann ihre Ausgestaltung beginnen und durch ungezählte Generationen in planmäßig bestimmter Vervollkommnungs-Reihe fortsetzen.

Wie viel solcher Urkeime sich Jemand jetzt vorstellen und wie er sich ihren Entwicklungsgang ausmalen will, ist zunächst, wie gesagt, Sache der Phantasie und dann des persönlichen Glaubens. Denn es fehlt an Thatsachen und Beobachtungen, um das festzustellen oder auch nur genügend wahrscheinlich zu machen. Ueberaus unwahrscheinlich ist nur, die ganze große Formenfülle der organischen Wesen auf wenige Urindividuen

zurückführen zu wollen. Wo wenige in die Erscheinung traten, konnten es ebenso leicht beliebig viele. Warum soll man der lebenschaffenden Kraft solche Dürftigkeit zutrauen, mit der sie ihr Spiel auf so kleinen Wurf gesetzt hätte? Die heutzutage überall festgestellte Beständigkeit jeder Art in ihrem Entwicklungskreis macht plausibel, daß von Anbeginn eine ähnliche Beständigkeit der Entwicklungsaufgabe jeden organischen Keim beherrscht habe. Wie heute aus den Eiern und Samen der Thierleib, der Baum sich immer wieder nach derselben Gestaltungsregel herausbildet, so kann jedem Urkeim seine ganze Gestaltungsregel als virtuelle Begabung von Anfang mit auf den Weg gegeben sein. Was heute jede Eizelle an solcher Begabung ererbt, muß die erste Zelle jeder Reihe auch, da sie nicht erben konnte, sonst irgendwoher erhalten haben. Anzunehmen, daß, wenn heute die Eizellen sich nicht mehr einen eigenen Gestaltungskreis erfinden können, ihre Urahnen dies zu thun vermocht hätten, entbehrt alles wissenschaftlichen Grundes. Daß aber für jede jetzt existirende Art oder Artengruppe die planmäßige Ausbildung einer allmählich sich abspielenden Formenfolge, die mit einer materiell und virtuell dazu ausgestatteten Urzelle begonnen hätte, angenommen werden darf, geht aus der vollkommen analogen Entwicklung jedes Einzelindividuums unwiderleglich hervor. Dabei können immerhin nahe verwandte Formen aus einem gemeinsamen Stammbaum erwachsen sein, sei es in Erfüllung des von Anbeginn ihm innewohnenden Eigengestaltungstriebes, sei es auch hier und da durch Einflüsse von Standort und Lebensart. Denn die Freiheit, welche, wie oben gezeigt ist, aller organischen Thätigkeit beiwohnt, bedingt eine Veränderlichkeit der plangerechten Gestaltung bis zu einem gewissen Grad. Entspräche demzufolge die gesetzmäßige Entwicklung einer ganzen Reihe von Formen vom Einfachen bis zum Vollkommensten herauf, wie es jetzt um uns lebt, welche durch die Menge

aller Generationen hindurch und in der Continuität des Lebens Einzelwesen nach Einzelwesen ausknospen läßt, vollkommen der ebenso gesetzmäßigen Formentwicklungsreihe, die jedes größere organische Individuum durchmacht, so wäre unserer Forderung nach Vorstellbarkeit der organischen Schöpfung überhaupt wenigstens zeitweise eine gewisse Befriedigung gethan.

Wer sich dagegen lieber denkt, daß nach zufälligem Zusammenfinden gewisser Stoffe in gewissen Atomanzahlen in diesen die Lebensflamme zufällig aufgelodert sei, daß sie, fortbrennend unter wechselnder Gunst und Ungunst von außen anstürmender Kräftewirkungen und stets neue Materie in ihren Bereich reißend, in fortwaltendem blindem Zufall Jahrmillionen hindurch die Formenmenge der Organismen erzeugt habe, der entbehrt eben für seinen Glauben jedes thatsächlichen Grundes. Es sei ferne, den über diese Lehre von der sogenannten „natürlichen Zuchtwahl" überall so lebhaft geführten Streit an diesem Orte wieder aufzunehmen, denn allzu oft und allzu gründlich ist dieser Anschauung ihre wissenschaftliche Gleichberechtigung mit irgend einer der andern geltenden von Rechts wegen aberkannt. In aller Kürze sei nur eben an das Wichtigste erinnert. Zunächst hat sich die Wandelbarkeit der organischen Formbildung, deren Annahme das unentbehrliche Fundament obiger Anschauung ausmacht, in der Natur noch nirgends in der erforderlichen Größe gezeigt. Nirgends noch ist eine Gestaltänderung, welche die Artengrenze überschritten und also mehr geleistet hätte, als neue und meist unbeständige Varietäten zu bilden, nachgewiesen. Dann fehlen in der Natur die großen Mengen der Uebergangsgebilde, welche nach einem auch dem Laien leicht ausführbaren Rechenexempel vorhanden sein müßten, wenn alle die Hunderttausende von Formen durch Zuchtwahl der Natureinflüsse, also durch Zufälligkeiten, aus einander hervorgegangen wären. Es müßte solcher Uebergänge viele tausendmal mehr geben, als reine

Formen, während es jetzt gerade umgekehrt ist. Ferner fehlen die Spuren von denjenigen Mißgestalten, welche nothwendig bei unzweckmäßigen Variationen herauskommen mußten und welche, wenn auch ohne Beständigkeit durch mehrere Generationen, doch immerhin in geringer Anzahl schon irgendwo in den Schichtungen der Erdrinde müßten gefunden sein. Endlich sehen wir, daß die Natur die größte Kunst aufwendet, um die einzelnen Artenkreise im Befruchtungsact einerseits rein und unvermischt, andererseits ungeschwächt und unverkümmert zu erhalten, was dem Verfahren der Veränderlichkeit und Zuchtwahl schnurstracks widerspräche.

Dem gegenüber sucht man nun neuerdings wenigstens einen als einen schlagenden Beweisgrund zu retten. Man findet nämlich in gewissen Generationen von Organismen, die man für jüngere hält, auch Organe, die wie ererbte, aber verkümmerte Reste solcher aussehen, die in älteren Generationen wohl ausgebildet und in Gebrauch gewesen sind. Dann wiederum findet man in älteren Formen scheinbar die Anfänge von Organen, die erst in jüngeren zur Ausgestaltung und Anwendung gelangen. Man hält nun diese Thatsache für den schärfsten Beweis der Allmacht der Erblichkeit und Veränderlichkeit der Organismen, und es wird daher mit Aufsuchung und Deutung solcher scheinbar nur ererbten organischen „Homologien" ein staunenswerthes Spiel getrieben. Wir halten demselben einfach entgegen, daß auf pflanzlicher Seite bisher noch von keinem dieser vermeintlichen Erbstücke, die die Natur sklavisch dem Erbzwang zu Liebe machen müßte, bewiesen ist, daß sie, wie man meint, ihren Inhabern bald nutzlos, bald schädlich seien, und auf thierischer Seite von keinem mit ausreichender Sicherheit. Wir halten fest daran, daß einzig und allein das Bedürfniß das Organ sich gestalten läßt, daß ähnliche Formbedürfnisse ähnliche Gestalten bedingen, daß mithin jedes Lebensgeräth

im Interesse seines Inhabers als Forderung zu dessen eigenem Nutzen vom gesetzmäßigen Gestaltungstrieb ausgebildet sei.

Vorstehendes reicht aus, um der Uebergangs- und Zuchtwahl-Hypothese das wissenschaftliche Bürgerrecht so lange zu versagen, als sie sich nicht durch ausreichendes Besitzthum beweisender Thatsachen dasselbe erworben und durch die Fähigkeit, die vorliegenden Widersprüche zu lösen, überhaupt nur als vorstellbar erwiesen hat.

Daß man sich andrerseits die Organismen so, wie sie heut den Erdboden bevölkern, in vollendeter Gestalt plötzlich aus der anorganischen Materie geformt und mit Entwicklungs- und Lebensfähigkeit begabt vorstellen sollte, hat für unsere heutige Auffassung, welche sich bemüht, die Erscheinungen in ihrer wahrscheinlichen Ursächlichkeit zu verstehen und in ihrem Werden Schritt für Schritt zu begleiten, — das läßt sich nicht leugnen, — einige Schwierigkeit. Dagegen fällt diese weg, wenn wir uns, — angesichts des oben schon herangezogenen Entwicklungsbildes, welches jeder einzelne Organismus uns vor's Auge stellt, — jeden Art- oder Gattungs-Stammbaum in ganz ähnlicher Weise durch die Zeitperioden herauf allmählich und planmäßig ausgestaltet denken. Jede seiner Entwicklungsstufen könnte dem Wechsel der Zeiten und Umstände angepaßt sein, und die höchsten Sprosse und Blüthen aller Stammbäume wären dann die heutigen Organismen, die den heutigen Verhältnissen eingefügt, zur Zeit ihr Wesen treiben und die Erde bewirthschaften, wie die jüngsten Sprosse und Blüthen jeden Baum zu oberst krönen, überdecken und zugleich fortbilden. Die Formähnlichkeit wäre dann nur zum geringeren Theil eine wirkliche Blutsverwandtschaft im wahren Sinne des Wortes, zum größeren dagegen wäre sie nur die nothwendige Folge einerseits einer eben so ähnlichen Begabung der Urkeime und deren plangerechter Entwicklung,

andrerseits des morphologischen Grundgesetzes, daß ähnliche Bedürfnisse ähnliche Gestalten bedingen.

Doch sei es solcher Ueberlegungen hier genug. Der Zweck dieser Schrift war nur, Thatsachen in's Licht zu stellen, und aus ihnen über den heutigen Zustand unserer Kenntniß vom Sitz der den lebendigen Körpern eigenthümlich scheinenden Kräftequellen eine einheitliche Vorstellung zu gewinnen.

Verfasser wünscht, daß dies gelungen sei, und faßt das Hauptergebniß noch einmal zusammen. Nur individualisirte, bestimmt organisirte d. h. bis in's Feinste hinein gegliederte, in sich geschlossene Körper, aus übereinstimmendem (eiweißartigem) Stoff gemacht, vermögen nach unserer heutigen Anschauung die Quelle derjenigen Kräftewirkungen zu sein, die das Leben ausmachen. Nur diese sind zugleich der erste Gegenstand ihres Angriffs, ihr erstes Instrument, mit dem sie alle andere künstliche Lebensarbeit machen, ja selbst ihr erstes Arbeitsmaterial. Die Protoplasten sind Künstler, Werkzeug und plastischer Stoff zugleich.

Kein formloser Eiweißschleim kann das Leben tragen oder fortpflanzen. Nicht hier und da vermag der Lebensfunke in solchem aufzuspringen und zu entbrennen. Von Zelle zu Zelle nur pflanzt das Leben sich fort, mit der Eigenkraft der Stoff- und Formbildung, der Bewegsamkeit und Reizempfindung begabt. In langer Reihe vervollkommnen sich die Protoplasten einzeln oder zu Genossenschaften geschaart, an Form und Fähigkeit. Die Formen gliedern sich. Die Leistungen theilen sich. Die plastische und psychische Begabung verfeinert sich von Stufe zu Stufe. Aber selbst die einfachste nackte Protococcus- oder Monaden-Zelle ist sicher in sich noch wirklich organisirt, selbst wenn sie so klein ist, daß unsere Mikroskope in ihre innere Gliederung nicht eindringen können. Nach Allem, was wir sehen können, sind wir berechtigt anzunehmen, daß es keine Lebensthätigkeit geben kann, wo es keine Lebens-

form gibt. Gestaltetes, gegliedertes Protoplasma in Individualitäten getrennt ist, wie es scheint, dazu das alleinige Ursubstrat. Dieser Substanz allein kommt, wie es scheint, die Fähigkeit zu, der selbständigen Gestaltsamkeit aller Mitglieder der großen Lebensgenossenschaft das Handwerkzeug zu bieten.

Soweit etwa läßt sich wenigstens die Natur des Lebensträgers und der Anfangs- und Ausgangspunkt der Bewegungsformen, die das Leben ausmachen, erkennen und zur Anschauung bringen. Um eine Lösung dieses größten aller Räthsel konnte es sich selbstverständlich nicht handeln, sondern nur um eine Klarlegung des Standpunktes, bis zu welchem die mühevollen Versuche zu einer solchen zur Zeit gelangt sind. Wenn überhaupt menschlichen Kräften erreichbar, so liegt doch dies Ziel immer noch dicht verschleiert weit vor uns in unabsehbarer Ferne.



Nachbemerkung.

Da es nicht angemessen erschien, die vorstehende Darstellung selbst im Einzelnen mit Literaturangaben zu versehen, so möge hier eine Auswahl von Schriften angefügt werden, welche, meist der neuesten Zeit angehörig, geeignet sind, zu specielleren Studien über das Zellenleben sowohl selbst das Material zu bieten, als auch als Wegweiser zu weiteren Quellenstudien zu dienen. Die vollständige Literaturangabe über unseren Gegenstand würde etwa einen starken Band füllen. Hier sind daher außer einigen Lehr- und Handbüchern zur Uebersicht unter den einzelnen Abhandlungen vorzugsweise solche ausgewählt, die gewisse einzelne Züge des Zellenlebens oder größere Gebiete desselben besonders klar ins Licht stellen. Außer den hier angegebenen werden sich am meisten einschlagende Aufsätze beisammen finden in den zoologischen, anatomischen und physiologischen Archiven von E. Pflüger, La Valette u. Waldeyer, v. Siebold, Troschel und in der Hallischen, Regensburger (Flora) und österreichischen botanischen Zeitung, in den Berliner und Wiener Akademischen Berichten, in Pringsheim's Jahrbüchern für Botanik, in den Annales des sciences naturelles, in Sachs' Arbeiten des Würzburger bot. Instituts, in Cohn's Beiträgen zur Biologie u. s. w.

L. Auerbach, Einzelligkeit der Amöben, Zeitschr. f. wiss. Zool. 1856; zur Charakteristik u. Lebensgeschichte der Zellkerne, Breslau 1874 u. s. w.

Balfour, On the structure and development of the vertebrate ovary, Quart. journ. of micr. sc. 1878.

A. de Bary, Die Mycetozoen, Zeitschr. für wiss. Zool. 1859 und Leipzig 1864; Vergl. Anat. der Vegetationsorgane u. s. w., Leipzig 1877.

A. Braun, Verjüngung in d. organ. Natur, Leipzig 1851.

O. Bütschli, Theilung der Knorpelzellen, Zeitschr. f. wiss. Zool. 29; Entwickelung der Eizelle u. s. w., Senkenberg. Abh. 1876.

E. Brücke, Elementar-Organismen, Wiener Akad. Ber. 1861 u. a. Abh.

L. Cienkowsky, Entwickl. d. Myxomyceten; das Plasmodium, Pringsheim's Jahrb. 3. Zur Kenntniß der Monaden; über Palmellaceen u. Flagellaten, Arch. f. mikr. Anat. 1865, 1870 u. a. a. O.

Claparède u. Lachmann, Études sur les Infusoires et les Rhizopodes, Genève 1858—61.

F. Cohn, Ueber Bacterien u. s. w., versch. Aufs. in dessen Beiträgen zur Biologie und a. a. O.

L. Dippel, Wandständige Protoplasmaströmchen, Halle 1867.

C. G. Ehrenberg, Die Infusionsthierchen als vollkommene Organismen, Leipzig 1839, und viele andere Schriften in den Berichten und Abhandl. der Berl. Akademie.

Th. Eimer, Bau des Zellkerns, Arch. f. mikr. Anat. 8, 14 u. s. w.

Fr. Elfving, Die Pollenkörner der Angiospermen, Jenaische Zeitschr. f. Naturw. 13.

W. Flemming, Beitr. z. Kenntn. d. Zelle und ihrer Lebenserscheinungen, Arch. f. mikr. Anat. 16; Verhalten d. Kernes bei der Zelltheilung u. d. Bedeutung mehrkern. Zellen, Arch. f. pathol. Anat. u. Phys. 1879 u. a. a. O.

H. Frey, Handbuch d. Histologie u. Histochemie, Leipzig 1876; Grundzüge der Histologie, Leipzig 1879.

R. Greeff, Ueber Radiolarien u. radiolarienartige Infusorien; Arch. für mikr. Anat. 1869; Bau- und Naturgesch. d. Vorticellineen, Arch. f. Zool. 1870 u. a. a. O.

E. Häckel, Die Sarkodekörper der Rhizopoden, Zeitschr. f. wiss. Zool. 1865; Monographie der Moneren, Jenaische Zeitschr. 1870.

J. Hanstein, Bewegungserscheinungen des Zellkernes u. s. w., Sitzber. d. Niederrhein. Ges. f. Nat.- u. Heilk. 1870; Gestaltungsvorgänge des Zellkernes bei d. Theilung der Zellen, das. 1879; Entwickl. d. Gatt. Marsilia, Pringsheim's Jahrb. 4 u. s. w.

Th. Hartig, Beitr. zur Entwickl. der Pflanzenzelle 1843; Der Füllkern u. s. w., Karsten, Bot. Unters. 1866 u. a. v. a. O.

R. Hertwig, Histologie der Radiolarien, Leipzig 1876.

Ders. und E. Lesser, Rhizopoden u. nahestehende Organism., Arch. f. mikr. Anat. 1874 u. a. a. O.

Heitzmann, Unters. über d. Protoplasma, Wiener Akad. Ber. 1873.

W. Hofmeister, Die Pflanzenzelle, Leipzig 1867 u. a. a. O.

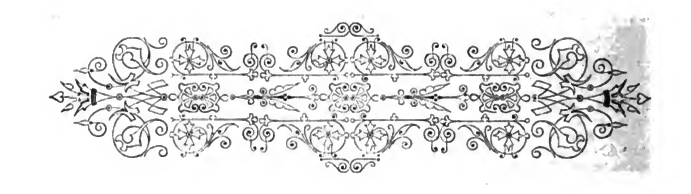
Hoppe-Seyler, Physiologische Chemie, Berlin 1877.

H. Karsten, de cella vitali, Berlin 1843 u. a. a. O.

A. Kölliker, Handbuch der Gewebelehre des Menschen, Leipzig 1867; Icones histologicae, Leipzig 1864 u. s. w.; über Actinophrys Sol., Zeitschr. f. wiss. Zool. 1848 u. a. a. O.

L. Kraus, Die Molecularconstruction der Protoplasmen u. s. w., Flora 1877.

W. Kühne, Ueber d. Protoplasma u. d. Contractilität, Leipzig 1864.
F. Kützing, Phycologia generalis.
Fr. v. Leydig, Ueber d. Bau u. d. systemat. Stellung d. Räderthiere, Zeitschr. f. wiss. Zool. 1854; Lehrb. d. Histologie d. Menschen u. d. Thiere, Frankfurt a. M. 1857, u. a. v. a. O.
N. Lieberkühn, Beiträge z. Anat. d. Infusorien, Müller's Arch. 1856; eine Anzahl Abhdl. über Spongien, ebendas. 1856—67; Ueber Bewegungserscheinungen von Zellen, Marburg; u. a. a. O.
W. Mayzel, Eigenth. Vorgänge bei d. Theilung d. Kerne in Epithelialzellen, Centralblatt f. med. Wiss. 1875 u. s. w.
H. v. Mohl, Einige Bemerk. üb. d. Bau d. vegetab. Zelle, Bot. Zeit. 1844; Vermehrung d. Pflanzenzelle durch Theilung, u. and. Aufs. in dessen vermischten Schriften, Tüb. 1845; Anat. u. Physiol. d. veget. Zelle, Braunschweig 1851.
J. Müller, Ueber Thalassicollen, Polycystinen, Acanthometren, Abhdl. d. Berl. Ak. 1858 u. s. w.
C. Nägeli, Einzellige Algen, u. a. v. a. O.
W. Pfeffer, Physiol. Untersuchungen, Leipzig 1873; Osmotische Unters., Leipzig 1877; Wesen und Bedeutung d. Athmung in d. Pflanzen, Landwirthsch. Jahrb. 7. 1878 u. a. a. O.
E. Pfitzer, Die Wasserbewegung in d. Pflanzen, Heidelberg 1875, Pringsh. Jahrb. 1876; Bau u. Entwicklung d. Bacillarien, Bot. Abhdl., Bonn 1871; Ancylistes Closterii, Berlin Ak. Ber. 1872; Kalkoxalat in Zellen, Flora 1872 u. a. a. O.
E. Pflüger, Die physiol. Verbrennung in d. lebend. Organismen, Arch. f. Phys. 10. 1875; Teleologische Mechanik, Bonn 1877 u. a. a. O.
N. Pringsheim, Bau u. Bild. d. Pflanzenzelle, Berlin 1854 u. a. a. O.
Reichert, Die contractile Substanz u. s. w., Berl. Akad. Ber. u. Abh. 1865 u. 66.
J. Reinke, Ueber Zanardinien, Ber. d. bot. Ver. in Brandenburg 1877; Monostroma u. Tetraspora u. s. w., Pringsh. Jahrb. 11, u. and. algolog. Aufs. das. u. a. a. O.
H. Ritthausen, versch. Abhandl. über Proteïnkörner in Pflüger's Archiv, im Journ. f. prakt. Chemie u. a. a. O.
J. Sachs, Handb. d. Experimental-Physiologie d. Pflanzen, Leipzig 1863, Lehrb. d. Bot. IV. 1874; Anordnung d. Zellen in jüngeren Pflanzentheilen u. a. Aufs. in den Arbeit. d. Würzb. bot. Inst. u. a. a. O.
A. Schenk, Vorkommen contraktiler Zellen im Pflanzenreich, Würzburg 1858.
W. Schleicher, Die Knorpelzelltheilung, Arch. f. mikr. Anat. 16.
O. Schmidt, Die Spongien des adriat. Meeres, Leipzig 1862—70.
Fr. Schmitz, Ueber die Siphonocladiaceen, Sitzber. d. Niederrhein. Ges. f. Nat.- u. Heilkunde 1879 und Halle 1879; die Zellkerne bei d. Thallophyten, dies. Ber. 1879.
Max Schultze, Ueber d. Organismus d. Polythalamien, Leipzig 1854; das Protoplasma d. Rhizopoden u. d. Pflanzenzellen, Leipzig 1863; d. Ströme in d. Haaren von Tradescantia, J. Müller's Archiv 1858; u. v. a. Aufs. in desselben Archiv u. a. a. O.
Th. Schwann, Die Uebereinstimmung in d. Structur u. im Wachsthum d. Thiere u. Pflanzen, Berlin 1839.
Th. v. Siebold, Vgl. Anatomie d. niederen Thiere, Berlin 1848 u. a. a. O.
Fr. v. Stein, Die Infusionsthierchen, Leipzig 1854; d. Organismus d. Infusionsthiere, Leipzig 1859—1878.
E. Strasburger, Ueber Zellbildung und Zelltheilung, Jena 1875 und 1877; Studien üb. Protoplasma, Jena 1876; Ueber Befruchtung und Zelltheilung, Jena 1878; Neue Beob. über Zellbild. und Zellth., Bot. Zeit. 1879; Ueber Angiospermen u. Gymnospermen, Jena 1879.
S. Stricker, Handb. d. Lehre v. d. Geweben d. Menschen u. d. Thiere, Lpz. 1871.
E. Tangl, Das Protoplasma d. Erbse, Wiener Akad. Ber. 1879.
M. Treub, Quelques recherches sur le rôle du noyau etc., Amst. 1878; Sur la pluralité des noyaux etc., Comptes rendus 1879.
Fr. Unger, Anat. u. Physiol. d. Pflanzen, Pesth, Wien, Leipzig 1855 u. a. v. a. O.
W. Velten, Bewegung u. Bau d. Protoplasmas, Flora 1872; Physikal. Beschaffh. d. pflanzl. Protoplasmas, Wiener Akad. Ber. 1876 u. s. w.
H. de Vries, Mechanische Ursachen d. Zellstreckung, Leipzig 1877 u. a. a. O.
A. Weiß, Die Pflanzenhaare, Karsten, bot. Unters. 1.
E. Warming, Pollen bildende Phyllome u. Kaulome, bot. Abh. Bonn 1873 u. a. a. O.
J. Wiesner, Die heliotropischen Erscheinungen im Pflanzenreich I., Wiener Akad. Denkschr. 39. 1878; verschied. Aufs. über Entstehen u. Vorkommen d. Chlorophylls, in d. Wiener Akad. Ber. u. a. a. O.
Wortmann, Beziehung d. intramolecularen zur normalen Athmung d. Pflanzen, Würzburg 1879.



Inhalt.

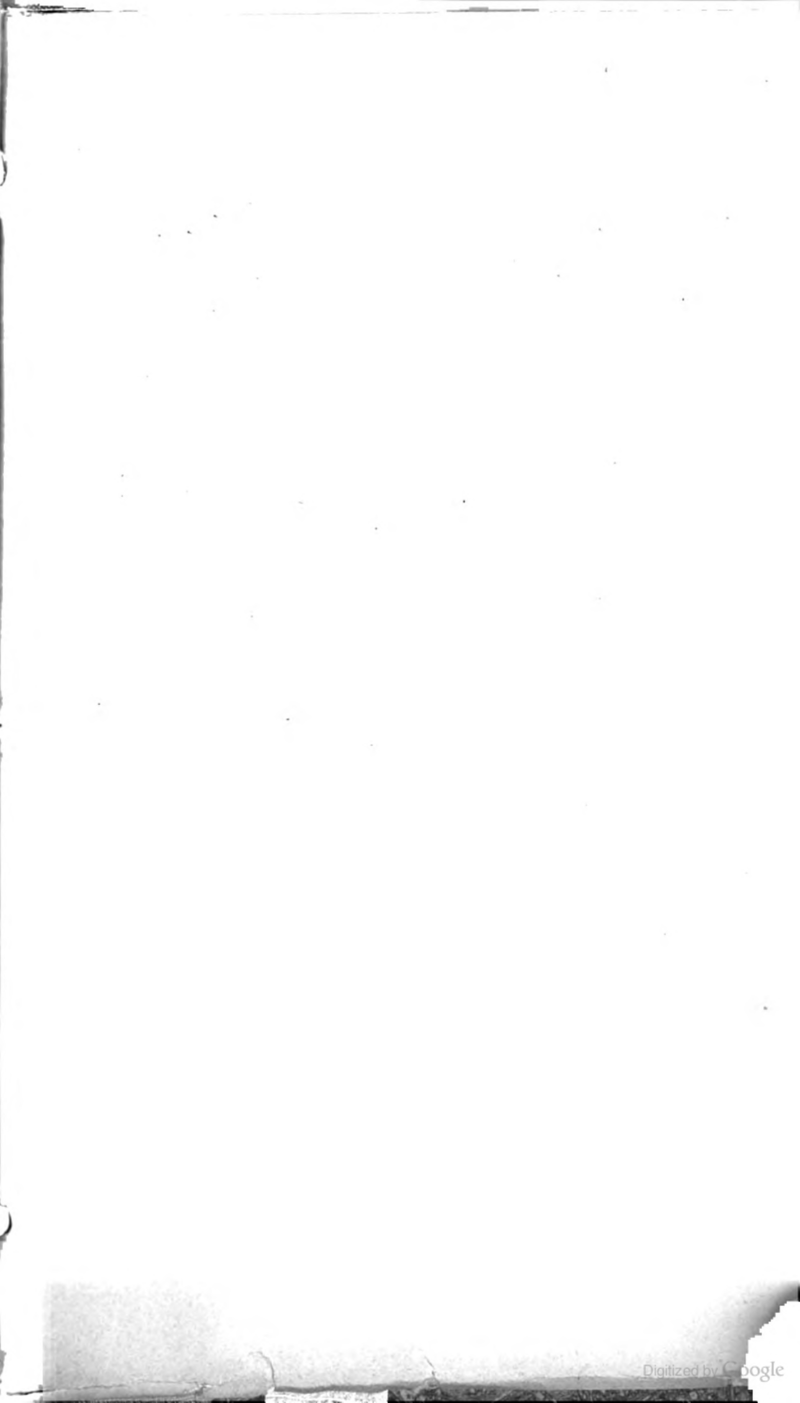
I. u. II. Vortrag:

Die organische Zelle. Die Bildung der organischen Gewebe.

III. Vortrag:

Der Lebensträger.




Digitized by Google

C. F. Winter'sche Buchdruckerei.



